Die
Chemie und Industrie
unserer Zeit,

oder

die wichtigsten chemischen Fabrikationszweige

nach dem Standpunkte der heutigen Wissenschaft.

In populären Vorträgen

von

Dr. H. Schwarz,

Director der Sächsisch-Thüringischen Actien-Gesellschaft für Braunkohlen-Verwerthung, früher Privatdocent in Breslau, Mitglied mehrerer gelehrten Gesellschaften.

Erster Band:

Die Verarbeitung der unorganischen Naturkörper.

Mit vielen Illustrationen.

Breslau,
Verlag von Joh. Urban Kern.
1857.

Vorwort.

„Arbeit und Wissenschaft im engsten Bunde," das ist für unsere Zeit eine nicht mehr wegzuleugnende, eine durch keine Macht der Erde abzuwendende Thatsache. Die Gedanken und Versuche der Naturforscher, heute noch Eigenthum der Hörsäle und Akademien, finden vielleicht morgen schon Ausbildung und Verwerthung in Werkstätten und Fabriken. Nur hierdurch, nur durch die innige Verbindung zwischen Forschung und practischer Ausführung ist es möglich, die gewaltige Concurrenz zu bekämpfen, die über schwache und widerstandslose Kämpfer ohne Erbarmen hinwegrollt. Es würde ein hoffnungsloses Unternehmen sein, alle die Beziehungen, welche sich zwischen Wissenschaft und Leben in neuerer Zeit entwickelt haben, auch nur in kurzen Zügen darstellen zu wollen. Der Verfasser hat daher nur versucht, eines der ergiebigsten Felder, die chemischen Industrien in Angriff zu nehmen. Die Verarbeitung der unorganischen Naturkörper zu nutzbaren Producten, so weit dieselben nicht zur Klasse der Metalle gehören, wird den ersten, die der organischen Substanzen, den zweiten Band ausfüllen.

Nach längerer akademischer Laufbahn zur Leitung größerer Fabrikanlagen berufen, glaubt der Verfasser den Lesern die Garantie geben zu können, daß ihm das Wissen und das Schaffen nicht fremd ist. In wie weit diese Versicherung gerechtfertigt, in wie weit er vermag das Gelernte und Erfahrene in schlichter, verständiger Weise wiederzugeben, darüber muß er sich dem Verdict der Lesewelt unterwerfen.

Halle, im März 1856.

Der Verfasser.

Inhalt.

Erste Abtheilung.

Wärme und Licht.

Erstes Kapitel.

Ueber die Verbrennung, die Brennmaterialien, ihren technischen Werth und über die Heizvorrichtungen.

Die Basis der heutigen Chemie ist die Theorie der Verbrennung von Lavoisier, der zuerst folgenden Fundamentalsatz aufstellte.

„Wenn Körper verbrennen, so geschieht dies, indem sich ihre Bestandtheile (Metall, Phosphor, Kohlenstoff, Wasserstoff) mit Sauerstoff (oder ähnlichen Körpern, wie Chlor ꝛc.) verbinden. Das Product dieser Verbrennung (Metalloxyd, Phosphorsäure, Kohlensäure) wiegt ebensoviel, als die Summe beider verbundenen Körper."

Er fand durch sorgfältige und wiederholte Versuche, daß die Verwandlung der Metalle, z. B. des Quecksilbers, des Eisens ꝛc., in Metalloxyde (oder Metallkalke, nach der damaligen Nomenklatur), beim Erhitzen an der Luft nur dadurch stattfand, daß dieselben sich eines Theils der Luft bemächtigten, und daß der zurückbleibende Theil der Luft das Athmen nicht mehr gestattete, während dagegen aus einigen dieser Oxyde durch stärkeres Erhitzen wieder eine Luftart ausgeschieden wurde, welche sowohl das Athmen, als das Verbrennen auf das Lebhafteste unterhielt, und welche wir jetzt unter dem Namen Sauerstoff kennen.

Beim Quecksilber verfolgte er diesen Proceß mit der Waage in der Hand. Es wurde eine gewogene Menge Quecksilber mit einem größeren Volumen Luft, durch Zuschmelzen, hermetisch in eine Retorte eingeschlossen, und diese dann so lange erhitzt, bis das Metall gänzlich in rothes Oxyd übergegangen war. Wog man nun den ganzen Apparat von Neuem, so hatte derselbe sein Gewicht nicht im mindesten geändert. Beim Abbrechen der Spitze drang aber Luft mit Heftigkeit ein, und der Apparat wog nun

genau um so viel mehr, als das Gewicht des erhaltenen Quecksilberoxyds das des angewandten Quecksilbers überstieg. Erhitzte man dies erhaltene Oxyd stärker, so zerfiel es wieder in die angewandte Menge Quecksilber und ein Volumen Sauerstoff, welches genau gleich war dem aus der Retorte verschwundenen Volumen Luft.

Lavoisier ermittelte ferner, daß der Diamant, gerade so wie Holzkohle, unter Sauerstoffaufnahme verbrannte und fixe Luft oder Kohlensäure erzeugte. Ganz dasselbe geschah bei der Verbrennung organischer Körper, wie Wachs, Talg, Oel, Holz, die nur wegen ihres Wasserstoffgehaltes außer der Kohlensäure noch Wasser bildeten. Endlich erschloß er auch die Zusammensetzung des Wassers aus Wasserstoff und Sauerstoff, indem es, über glühendes Eisen geleitet, an dieses seinen Sauerstoff abgab, während sich der Wasserstoff gasförmig entband.

Auf diese Art hat dieser ausgezeichnete Gelehrte die Fundamente gelegt, auf welchen sich die heutige Chemie erhebt, und wir können ihm nicht genug danken, daß er es auf eine so sichere und geniale Weise gethan hat.

Im gleichen Maaße, wie für die theoretische Chemie, ist auch für den technischen Theil dieser Wissenschaft die Lehre von der Verbrennung von der allerumfassendsten Wichtigkeit.

Wenn nach Montecuculi's Ausspruche zum Kriege drei Dinge gehören, nämlich Geld und Geld und nochmals Geld, so kann man heute sagen, die Industrie bedarf zu ihrem Blühen billigen und guten Brennstoffs und abermals Brennstoffs und nochmals Brennstoffs. Capital, Arbeitslohn, Salz, Schwefel, Eisen stehen in dieser Hinsicht erst auf zweiter und dritter Linie.

Der flüchtigste Blick in irgend ein technisches Etablissement beweist, daß es fast keine Industrie giebt, bei der nicht die Erhitzung von Wasser, die Dampferzeugung, die Destillation eine Hauptrolle spielt.

Mit wenigen Ausnahmen benutzen die Metallurgen zu ihren Processen den feurig flüssigen Weg, und consumiren zum Rösten, Sublimiren, Schmelzen nicht allein das meiste, sondern auch das beste Brennmaterial.

Endlich ist auch die Zubereitung der Speisen, sowie in unserem Klima wenigstens die ganze menschliche Existenz ohne Brennmaterial zum Kochen und Heizen eine Unmöglichkeit.

Die Fabel von Prometheus, der das Feuer vom Himmel holte, und dafür von den neidischen Göttern bestraft wurde, bedeutet nichts anderes, als daß durch die Kenntniß des Feuers die erste Bedingung der Cultur gegeben ist.

Die Stoffe, deren wir uns als Brennmaterialien bedienen, sind ausschließlich Kohlenstoff- und Wasserstoffhaltige, und gehören als solche dem organischen Reiche, der Vegetation der Jetztzeit oder der Vorwelt an.

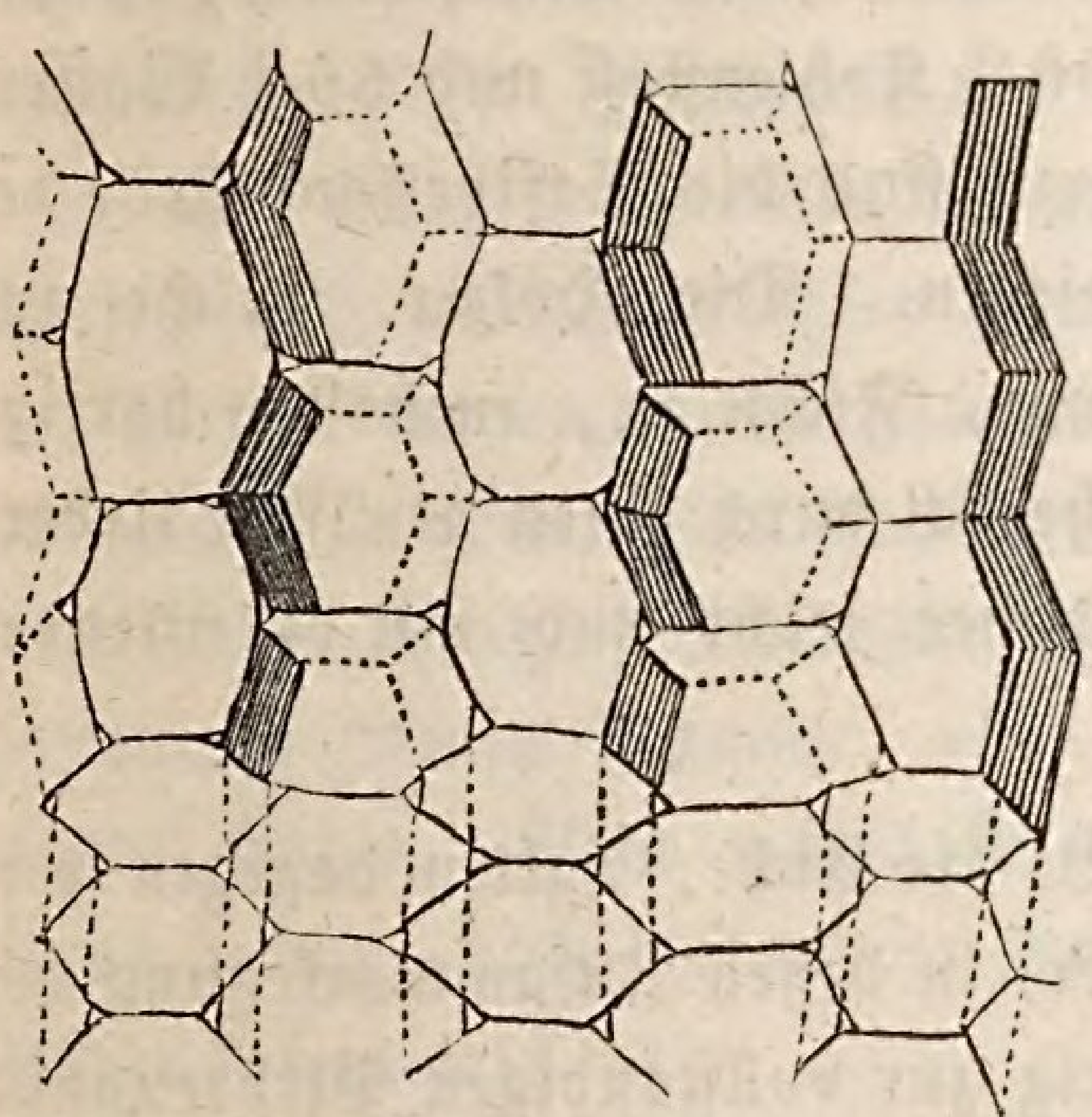
Der Stoff, welcher in allen Pflanzen in überwiegender Menge vorkommt, ist die Holzfaser.

Unsere Brennmaterialien bestehen daher im Wesentlichen aus Holzfaser, im frischen oder durch mannigfaltige Processe verändertem Zustande.

Die wichtigsten und gebräuchlichsten derselben sind:

Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthracit; durch trockene Destillation stellt man daraus zu gewissen Zwecken, die Holzkohle, die Torfkohle, die Coaks von Braun- und Steinkohle dar.

Fig. 1.



Zellgewebe.

Betrachten wir irgend einen Pflanzentheil unter dem Mikroscop, so werden wir bald gewahr, daß er aus mehr oder minder eng aneinander gepreßten Zellen besteht. Die Primitivzelle im idealen Sinne genommen, ist nichts anderes, als eine kugelförmige Blase von Cellulose, oder Holzfasersubstanz, deren Wände durch eine wässerige Auflösung der mannigfaltigsten Stoffe gespannt gehalten werden. Durch das Enganeinanderlegen mehrerer Zellen platten sich dieselben gegenseitig ab, und nehmen nun die eckige Gestalt an, wie man sie bei den Bienenzellen beobachten kann.

Die Wände der Zellen werden beim längeren Wachsthum sowohl durch Verdickung der Cellulose, als auch durch Ablagerung der sogenannten incrustirenden Substanz immer compacter*), und oftmals verschwindet der Zellinhalt endlich ganz.

Sie vermehren sich meistens durch Theilung, indem sich die Zelle verlängert und durch Einschnürungen in zwei oder mehr Theile getrennt wird.

*) Diese incrustirende Substanz, deren Zusammensetzung und Eigenschaften noch wenig bekannt sind, setzt sich an die innere Zellwand, aber merkwürdiger Weise häufig in discontinuirlichen Schichten ab, wodurch die sogenannten Spiralgefäße und punktirten Zellen entstehen.

Fallen diese Einschnürungen weg, oder bleiben die verlängerten Zellen wenigstens in gerader Richtung liegen, so entstehen daraus die Gefäße. Die Summe dieser, der Vegetation theilweise entzogenen Gefäße bildet bei den perennirenden Bäumen und Sträuchern das Holz. Im Wesentlichen besteht dasselbe demnach aus der eigentlichen Holzfaser, welche indessen mannigfache Saftbestandtheile eingeschlossen enthält. Diese sind zum Theil unorganischer Natur und bleiben nach dem Verbrennen als Asche zurück. Sie sind, im lebenden Zustande der Pflanze, in größeren oder geringeren Wassermengen gelöst, welche die Holzfaser als ein hygroscopischer Körper, selbst nach längerem Trocknen an der Luft, noch zum Theile zurückhält. In chemischer Beziehung ist die Holzfaser in allen Pflanzen dieselbe. Sie besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, letztere nahezu in dem Verhältnisse 1 : 8, ein Verhältniß, nach welchem diese Substanzen auch im Wasser verbunden vorkommen. In runden Zahlen kann man annehmen, daß die trockene und reine Substanz des Holzes 50% Kohlenstoff und 50% Wasserbestandtheile enthält. Im Gegensatz hierzu sind die Saftbestandtheile bei den verschiedenen Holzarten sehr verschieden. Die Hölzer, welche zur Gattung der Coniferen gehören, wie Tanne, Fichte rc., enthalten harzige Stoffe und flüchtige Oele, Stoffe, welche sich durch einen gewissen Ueberschuß von Wasserstoff auszeichnen, und daher leicht und mit bedeutender Wärmeentwickelung verbrennen.

Die dichteren Brennhölzer, wie z. B. die Eiche, halten dagegen verhältnißmäßig viel Gerbestoff, einen Körper, in dessen Zusammensetzung der Sauerstoff vorwaltet, und der nur schwierig zur vollständigen Verbrennung zu bringen ist.

Die Menge der Aschenbestandtheile, also von Substanzen, die nicht allein zur Verbrennung nichts beitragen, sondern auch zu ihrer Erhitzung Wärme absorbiren, ist gleicher Weise bei den verschiedenen Hölzern verschieden.

Wären diese Substanzen in irgendwie größerer Menge vorhanden, so könnten sie eine wesentliche Differenz in dem Werthe der Hölzer begründen, während jetzt ihr Einfluß immer nur ein untergeordneter ist.

Ein viel wichtigerer Unterschied basirt sich dagegen auf der verschiedenen Dichtigkeit der Holzarten. Während die Steineiche im frisch gefällten Zustande ein spec. Gewicht von 1,07 hat, d. h. eine Kleinigkeit schwerer ist, als Wasser, so ist dasselbe bei der Pappel auf 0,76 reducirt. So lange also das Holz dem Maaße, nicht dem Gewichte nach, verkauft

wird, wiegen 10 Klaftern Eichenholz etwa so viel, wie 13 Klaftern Pappelholz.*)

Außerdem bleiben noch die verschiedenen Trockenheitszustände zu berücksichtigen. 100 Gewichtstheile Ahornholz vom Stamme, (zur Schlagzeit, im Winter, gefällt), enthalten z. B. 27% Wasser und 73% feste Bestandtheile, während die Schwarzpappel aus fast doppelt so viel Wasser, nämlich 52% und nur 48% festen Bestandtheilen besteht. Dieser Wassergehalt ist verhältnißmäßig noch größer in den in kräftiger Vegetation stehenden Zweigen, ebenso im Frühjahre beim Aufsteigen des Saftes. Er wird indessen beim Kaufholze, da dieses gewöhnlich erst längere Zeit gelagert hat, durch Austrocknen an der Luft ein ziemlich gleichmäßiger, ungefähr 20%. Dessen ungeachtet sieht man ein, daß rationeller Weise das Holz nicht anders als nach dem Gewichte trockner Substanz, das es enthält, verkauft werden sollte. Man würde dann auf den Holzhöfen verlangen: 100 ℔ trockne Holzfaser, gleichviel, von welchem Holze.

Die Praxis hat indessen und mit Recht einen Unterschied zwischen harten und weichen Hölzern gemacht, und zwar weniger quantitativ, nach der Menge der erzeugten Wärme, als qualitativ, nach der Art und Weise, in welcher sie verwendbar ist. Die harten, dichten, gerbstoffreichen Holzarten, wie Eiche, Buche 2c., entzünden sich schwierig und geben bei ihrer Verbrennung wenig Flamme, aber dafür eine sehr dichte, langsam verbrennende Kohle. Man wählt sie daher, wenn man ein sogenanntes Glühfeuer haben, d. h. besonders durch die strahlende Wärme der glühenden Kohle heizen will.

Die leichten Hölzer, wie Tanne, Fichte, Weide sind von lockerer Structur, enthalten etwas mehr Wasser, aber auch wegen ihrer harzigen Bestandtheile, mehr freien Wasserstoff, entzünden sich daher leicht, und geben eine lange, sehr heiße Flamme, welche besonders, wenn das Holz klein gespalten und sorgfältig ausgetrocknet ist, zur Erzeugung sehr hoher Temperaturen, z. B. bei Porzellan- und Glasöfen, mit Vortheil angewendet werden kann. Die Menge der rückständigen Kohle ist freilich sehr unbedeutend.

---

*) Dies gilt natürlich nur dann, wenn man annimmt, daß die hohlen Zwischenräume, die beim Schichten unvermeidlich entstehen, vollständig wegfielen, oder wenigstens bei beiden Holzarten im gleichen Verhältnisse ständen. Selbst bei den soliden Stücken ist die erwähnte Verschiedenheit nur in der größeren oder geringeren Weite der Poren begründet, da abgesehen davon die Holzfaser bei allen Hölzern ein gleiches spec. Gewicht zeigt.

Wie zweckmäßig es ist, nur möglichst ausgetrocknetes Holz zum Brennen anzuwenden, leuchtet ein, wenn wir bedenken, daß das hygroscopische Wasser beim Verbrennen verdampft, und der Dampf auf die Temperatur der Flamme erwärmt werden muß, also eine bedeutende Menge Wärme bindet. Man könnte einwerfen, daß doch auch, wenigstens zum künstlichen Trocknen des Holzes, Wärme nöthig sei, und daß also keine Ersparniß dabei stattfinde. Indessen findet die Entfernung des Wassers bis auf einen gewissen Grad schon beim Aussetzen an die Luft statt, und das künstliche Austrocknen kann durch ungenützte, abfallende Wärme geschehen, auch durch eine gute Ventilation sehr beschleunigt werden. Endlich ist noch sehr wohl zu bedenken, daß bei Anwendung von feuchtem Brennmaterial die Temperatur durch die Verdampfung so weit erniedrigt werden kann, daß die als Rauch sich entwickelnden Destillationsproducte nur partiell verbrennen, und zum größten Theile ungenützt in dem Schornstein entweichen. Indem nur der leichter entzündliche Wasserstoff verbrennt, wird feinvertheilter Kohlenstoff als Ruß ausgeschieden, der die Abdampfungsgefäße beschlägt, die Züge verstopft ꝛc., kurz der Wärme-Absorption und dem Zuge aufs äußerste nachtheilig ist.

Zu gewissen Zwecken, die eine sehr heiße Flamme verlangen, ist es daher absolut nothwendig, nur scharf getrocknetes Holz anzuwenden. Man hat dies so weit getrieben, daß sich dasselbe der unten zu erwähnenden Rothkohle nähert.

Der Torf ist das Product der Vermoderung von mannigfaltigen Sumpfpflanzen, und bildet sich noch heutzutage.

Braunkohlen und Steinkohlen dagegen sind Vegetationen der Vorwelt, welche ebenfalls einer sehr langdauernden Vermoderung unterworfen waren.

Wenn organische Substanzen längere Zeit dem Einflusse des Lichtes, der Luft, des Regens ausgesetzt sind, so verschwinden sie gänzlich, indem sie sich durch Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffs in Kohlensäure und Wasser, nebenbei bei einem Gehalt an Stickstoff in Ammoniak oder Salpetersäure auflösen. Es ist derselbe Proceß, wie wenn man die Pflanzen oder Thiere in einem Ofen geschoben und verbrannt hätte, nur auf eine Dauer von Jahren hinausgeschoben. Wir nennen diesen Proceß die Verwesung. Wird aber der Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffs erschwert, befinden sich z. B. die organischen Substanzen unter Wasser, so unterliegen sie dem Proceß der Vermoderung. Der in den organischen Körpern enthaltene Sauerstoff verbindet sich einerseits mit Wasserstoff, andrerseits mit Kohlenstoff und tritt aus der Zusammensetzung als Wasser und Kohlensäure

aus. Außerdem tritt auch ein kleiner Theil Wasserstoff mit Kohlenstoff in Verbindung; es entwickeln sich kleine Mengen Sumpfgas. Die organischen Körper nehmen also den Sauerstoff zur Oxydation nicht aus der Luft, sondern aus sich selbst *).

Auf je 8 Theile Sauerstoff treten 6 Theile Kohlenstoff, oder 1 Theil Wasserstoff aus. Wenn also die Holzfaser ungefähr 50% Kohlenstoff, 6% Wasserstoff und 44% Sauerstoff enthält, so muß durch das Austreten von Kohlensäure und Wasser das relative Verhältniß von Kohlenstoff im zurückbleibenden Körper sich vergrößern.

So kommt es, daß der Torf 60%, die erdige Braunkohle 70%, die Steinkohle 80—90%, der Anthracit gar 96% Kohlenstoff enthält.

Ein Schritt weiter, und wir stehen beim Diamant, der reiner Kohlenstoff ist.

Die Bildung des Torfs geht besonders in den nördlichen Breitegraden, und in vorzüglicher großer Ausdehnung an den Ufern des Meeres vor sich; so in ganz Norddeutschland, Schottland und Irland. Indessen finden sich auch Torflager hoch oben auf den Gebirgen **).

An irgend einer flachen Stelle sammelt sich durch die lokalen Verhältnisse, besonders durch ein unten liegendes Thonlager bedingt, Wasser in dünnen Schichten an; es bildet sich eine sumpfige Stelle, welche die verschiedenartigsten Wasserpflanzen, Binsen, Riedgräser, Moose bald mit einer dichten Vegetationsdecke überziehen. In der nassen Jahreszeit steigt die Wasserhöhe, die Vegetation stirbt ab, unterliegt dem Vermoderungsprocesse und setzt sich in mehr oder weniger verändertem Zustande zu Boden. So wiederholt sich dieses Spiel der Vegetation, bis etwa eine große Fluth durch Zuführen von Schlamm, Sand rc. die gebildete Torfschicht überdeckt. Unter günstigen Umständen beginnt die Torfbildung von Neuem, und es bilden sich so zahlreiche, oft genau zu sondernde Torf- und Schlammschichten. Die jüngste Vegetation stellt mit ihren noch ziemlich unveränderten Pflanzentheilen den sogenanten Rasentorf dar, die weiter veränderten den Moor- oder Pechtorf.

---

*) Beiläufig gesagt, geht diesem Vermoderungsprocesse immer noch ein Verwesungsproceß zur Seite, indem das Wasser Luft, und zwar eine sehr sauerstoffreiche, absorbirt enthält.

**) So ist z. B. der Ben Lomond, der sich im schönsten Theile des schottischen Hochgebirges steil bis zur Höhe von 2000 Fuß erhebt, mit ausgedehnten Torflagern bedeckt. Noch näher liegende Beispiele bieten der Brocken und das schlesische Riesengebirge.

Man beutet die Torflager aus, indem man zuerst durch Abzugsgräben für ihre Trockenlegung sorgt, dann den Rasentorf mit Spaten in viereckigen Stücken aussticht, den Moortorf aber mit Schaufeln oder eigenthümlichen Baggervorrichtungen herausschafft, und nachdem er durch Ablaufen und Abtrocknen des Wassers formbar geworden, ganz wie den Thon in Ziegel formt. Diese Masse ist noch vollständig schwammartig mit Wasser getränkt. Entfernt man dasselbe durch Trocknen an der Luft, so dauert dies nicht allein lange Zeit, sondern die rückständige Torfmasse ist auch außerdem sehr locker und zerbrechlich, bietet also in einem gewissen Volumen eine sehr geringe Quantität Brennstoff. Es wäre daher sehr vortheilhaft, wenn man durch eine einfache, kräftige Presse das Wasser zum größten Theile entfernen könnte. Wie aber die Thonmasse wegen ihrer eigenthümlichen Plasticität schwierig durch Pressen vom Wasser zu befreien ist, so auch der Torf. Bei letzterem kommt noch hinzu, daß sein niedriger Preis weder viel Arbeitskraft noch Handarbeit übertragen kann.

Beim Torf macht sich zuerst die Berücksichtigung der Aschenmenge nothwendig. Die Aschenbestandtheile des Torfs, welche von seinen organischen Theilen herrühren, sind freilich um so unbedeutender, als das Wasser alle löslichen Salze, so besonders die der Alkalien ausgelaugt, und nur Kieselsäure, Eisenoxyd, phosphorsauren und schwefelsauren Kalk zurückgelassen hat. Dagegen sind die mineralischen Bestandtheile, welche wie Thon, Sand ꝛc. durch Fluthen herbeigeführt sind, oft so bedeutend, daß ein Aschengehalt des Torfes von 20% durchaus nicht zu den Seltenheiten gehört. Außer der bedeutenden Verminderung des Brennwerthes, außer der häufigen Verstopfung des Rostes, macht auch das Wegschaffen so großer, fast werthloser Aschenmengen manche Unannehmlichkeiten.

Als das jüngste der fossilen Brennmaterialien, als dasjenige, dessen Bildung unserer jetzigen Erdperiode am nächsten steht, tritt uns die Braunkohle entgegen. Diese ist unzweifelhaft das Product der Vermoderung großer Wälder von Bäumen, welche meistentheils zu der Gattung Taxus gehörten. Es ist dies die Gattung von Pflanzen, welche in den wärmeren Erdstrichen die Stelle unsrer nördlichen Nadelhölzer einnehmen, welche wie diese zu den gesellig wachsenden Pflanzen gehören, und sich wie diese durch einen Gehalt an harzigen Stoffen auszeichnen. Diese Harze finden wir als Bernstein und Retinit wieder. Die Mündungen mancher großen Ströme des westlichen Continents bieten uns heut zu Tage ein in allen seinen Theilen entsprechendes Bild der Entstehung von Braunkohlen.

Durch das Unterwaschen der Ufer, welches diese mächtigen Ströme Jahr ein Jahr aus betreiben, fallen die Baumriesen des Urwaldes in die Fluth, und werden von ihr so lange davon getragen, bis sie durch Einsaugen von Wasser zu schwer geworden sind, um länger zu schwimmen. Wird die Strömung des Flusses durch eine Wendung seiner Ufer, durch eine vorspringende Landzunge oder an seiner Mündung durch den mächtigen Wogenschwall des Meeres gehemmt, so fallen sie zu Boden und werden mit dem Geröll, das hier zugleich zur Ruhe kommt, überdeckt, worauf der Proceß der Vermoderung beginnt. Vielleicht, daß nach Jahrtausenden, nach einer neuen Sündfluth, die späteren Erdbewohner sich des Missippi- oder Orinoko-Braunkohlenlagers bedienen werden.

Die Holztheile zeigen sich in den Braunkohlen oft so unverändert wieder, daß colossale Stämme mit Wurzeln ꝛc. gefunden werden, aus denen man sogar sehr schöne dunkelbraune Fourniere angefertigt hat. Diese holzartigen Braunkohlen nennt man Lignite, und wendet sie zu Feuerungen, ganz wie das gewöhnliche Holz an. Unangenehm ist nur der Geruch, der von beigemengtem Retinit herrührt. Weiter verändert ist schon die erdige Kohle, die z. B. in der ganzen Provinz Sachsen fast als einziges Brennmaterial verwendet wird, indem man sie mit Wasser zu einem steifen Teige anmacht, wie Thonziegel formt, und dann an der Luft austrocknen läßt. Sie giebt meist sehr viel Asche, aus Gyps und Eisenoxyd, außerdem aus Sand und Gesteintrümmern bestehend. Näher nach den Steinkohlen zu steht noch die Knorpelkohle, eine dichte Masse mit muschligem Bruche, die besonders in Böhmen auftritt und von manchen Arten von Steinkohlen, z. B. von der Cannelkohle, fast nur geognostisch zu unterscheiden ist. Es ist möglich und wahrscheinlich, daß diese letzteren Braunkohlenarten aus vorweltlichen Torfmooren hervorgegangen sind. Den Braunkohlen ist häufig Doppelschwefeleisen, (Schwefelkies), in Kristallen, aber auch in sehr fein vertheilter Form beigemengt, der in vielen Fällen eine technische Verarbeitung dieser Art Braunkohlen auf Eisenvitriol, (auch Alaun), begründet.

Einer bedeutend früheren Periode der Erdbildung gehören die Steinkohlen an. Geognostisch genommen kommen sie nur in einer einzigen Lage von Gesteinschichten vor, die man deshalb auch das Kohlengebirge genannt hat. Sie finden sich in so bedeutender Ausdehnung und sind für die Länder, welche damit begabt sind, ein solcher Segen der Natur, daß z. B. die Weltstellung Englands mit Recht ebensoviel seinem Schatz an Steinkohlen, als seinen constitutionellen Einrichtungen und seiner Lage im

Meere zugeschrieben werden muß. Der englische Punch sagte daher bei der Einweihung der neuen Kohlenbörse in London mit Recht, daß die Königin von England wohl daran gethan habe, dem Kohlenkönige, dem sie die schönste Perle in ihrer Krone verdanke, ihre Huldigung darzubringen. Es ist dies um so merkwürdiger, als die Steinkohlen noch im vorigen Jahrhundert in England mit Verboten verfolgt worden sind, weil ihr Rauch die Luft verpeste. Und jetzt werden Millionen Tonnen derselben gefördert und verbraucht. Preußens Hegemonie, wenigstens in Norddeutschland, ist gewissermaßen mit bedingt durch den Besitz der größten und besten Kohlenreviere, so in Ober- und Niederschlesien, im Ruhrgebiete und im Saarbrückischen. Das letztere brachte schon vor einiger Zeit dem Staate einen jährlichen Gewinn von 400,000 Thlr., ein Gewinn, der sich jetzt nach der Vollendung der Eisenbahn nach Paris auf das drei- oder vierfache heben muß.

Die Steinkohle findet sich meistentheils in Schichten, über einander, deren Dimensionen, beim Vordringen von der Oberfläche nach der Tiefe, von der Dicke von wenigen Linien bis zur Mächtigkeit mehrerer Fuße zu nehmen. Diese sogenannten Flöze sind durch Zwischenlagerung von Schieferthon, Letten, Sandstein ꝛc. von einander geschieden. Sie gehen häufig zu Tage aus, werden aber an vielen Stellen erst in der Tiefe bauwürdig, und erfordern dann meistens mächtige Maschinen zur Hebung des Wassers und zur Förderung. Glücklicherweise machen die gewöhnlich angewendeten Dampfmaschinen keine großen Betriebskosten, da man sie meistens mit dem nicht gut verkaufbaren Abfalle der geförderten Kohlen heizen kann, ein Brennmaterial, was die Grubenbesitzer fast umsonst haben.

Die ungeheure Masse der vorhandenen Steinkohlen ist um so staunenswerther, wenn man bedenkt, daß nach dem Maaßstabe unsrer heutigen Vegetation eine Waldfläche in 100 Jahren nicht mehr als einen Zoll hoch Steinkohlenmasse produciren könnte. Es wäre daher zur Bildung der mächtigen Flöze ein so ungeheurer Zeitraum nothwendig gewesen, daß wir ihn wenigstens mit der Genesis in keiner Art in Uebereinstimmung bringen können.

Betrachten wir einmal die wahrscheinlichste Hypothese der Erdbildung etwas näher. Die Erde hat sich allem Anschein nach aus einer kolossalen Dunstkugel condensirt, welche durch Abkühlung sich zuerst in eine kleinere Masse von glühenden, geschmolzenen Substanzen umwandelte. Durch Ausstrahlung der Wärme in den leeren Himmelsraum entstand zuerst eine dünne Gesteinsrinde, auf welcher sich nach längerer Zeit das uranfängliche Weltmeer niederschlug. Durch die weitere Zusammenziehung der Erdrinde beim Abkühlen

wurden die eingeschlossenen flüssigen Substanzen so zusammengepreßt, daß sie dieselbe sprengten, und die aus den Spalten hervorgequollenen Massen erstarrten alsbald zu mächtigen Inseln, auf welchen sich nach und nach unter dem Einflusse der natürlichen Erdwärme, der Feuchtigkeit und des großen Kohlensäure- und Ammoniakgehaltes der Atmosphäre, eine unendlich üppige, tropische Vegetation entwickelte. Als Zeugen dafür sind uns die mächtigsten Stämme von Palmen und riesigen, baumartigen Farrenkräutern als Abdrücke im Schieferthon aufbewahrt geblieben. Die Erkaltung der Erde schritt unterdessen immer weiter vor, es bildeten sich aus der alten Ursache neue Spalten, neue Eruptionen, und das Weltmeer dadurch aufgestaut, bedeckte die eben entstandene Vegetation mit Schlamm, Sand ꝛc. Dasselbe Spiel muß sich unendlich oft wiederholt haben, wahrscheinlich in immer kürzeren Zwischenräumen, und indem die Vegetation immer sparsamer wurde, wie dies die nach oben dünner werdenden Flöze beweisen.

Unter dem Einflusse der Wärme, der Feuchtigkeit und besonders des großartigen Druckes der aufliegenden Gesteine gingen unterdessen diese verschütteten Vegetationen durch einen eigenthümlichen Vermoderungsproceß ihrer Umbildung in Steinkohlen entgegen. Die Reste derselben, welche durch Thonschlamm eingehüllt und gesondert waren, vollzogen diese Umwandlung langsamer, und bildeten die Abdrücke im Steinkohlenschiefer. Im Gegensatz hierzu gingen die in dichten Massen zusammenliegenden Pflanzentheile gänzlich in einen teigartigen Zustand über, wie dies die senkrechten Zerklüftungen beweisen, die man bei der Steinkohle so gut, wie beim Austrocknen des Thonschlammes im Sommer bemerken kann. Diese Spalten sind meist leer, oft auch mit Schwefelkies, Dolomit, Kalkspath ꝛc. ausgefüllt. Die Steinkohle wird daher bei der Gewinnung mit Hacke und Fäustel meist in unregelmäßig kubischen Blöcken erhalten. Sie hat einen muschligen Bruch, ist ziemlich weich und von geringer Festigkeit. Sie zeigt meist eine glänzend schwarze Farbe, auf Bruchflächen häufig mit einem schillernden Glanze.

Hinsichtlich ihres Verhaltens beim Erhitzen kann man die Steinkohlen empirisch in drei große Klassen bringen, die freilich durch mancherlei Zwischenstufen unmerklich in einander übergehen.

a) Sandkohlen, zerfallen beim Erhitzen in Gruß, sind also zum Vercoaken untauglich.

b) Sinterkohlen. Größere Stücke backen an ihren Rändern zusammen, ohne doch Spuren von anfangender Schmelzung zu zeigen.

c) Backkohlen. Sie gerathen beim Erhitzen in einen teigartigen Zustand. Selbst sehr kleiner Gruß bäckt zu großen Coaksstücken zusammen. Die entwickelten Gasarten blähen die Masse blasenartig auf. Sie liefern die besten Coaks.

Den Grund zu diesen Modificationen hat man weniger in einer verschiedenen procentischen Zusammensetzung, sondern mehr in einer verschiedenen Lagerung der Atome zu suchen. Man könnte fast von einer Art Isomerie bei den Steinkohlen sprechen, d. h. von physikalischen Verschiedenheiten bei durchaus gleicher, chemischer Zusammensetzung.

Selbst eine und dieselbe Kohle zeigt Parthien von verschiedener Structur und chemischer Zusammensetzung. In einer homogenen, pechartig glänzenden Grundmasse finden sich matte, fasrige, nur schwierig verbrennende Schichten eingesprengt, die gewöhnlich sehr reich an Kohlenstoff sind, und Faserkohle genannt werden. Kohle, welche ganz frei davon ist, nennen die Mineralogen Glanz- oder Pechkohle. Hierher gehört z. B. die berühmte Cannelkohle von New-Castle, die indessen, obgleich sie sehr geeignet zur Gasbereitung ist, nur unvollkommene Coaks liefert. Die Grobkohle besteht aus dicken Schichten mit mattem Glanze. Werden die abwechselnden Schichten noch dünner, so erhält man die Schiefer- oder Blätterkohle.

Der Aschengehalt bei manchen Steinkohlen ist oft sehr beträchtlich, wahrscheinlich aus derselben Ursache, wie bei der Braunkohle, oder auch wegen der Ausfüllung der Verticalspalten mit erdigen Mineralien. Diese Asche sintert meist in der großen Hitze, welche die Steinkohlen bei ihrer Verbrennung liefern, zu halbgeflossenen Massen zusammen, und verstopft den Rost der Art, daß ein beständiges Stochern im Feuerraum nöthig wird. Man hat mit Erfolg versucht, diese Schlacken dünnflüssig zu machen, damit sie als Glastropfen durch den Rost fließen möchten. Die Asche besteht meistentheis aus Thonerde, Eisenoxyd und Kieselsäure; fügt man daher noch Kalk, (so beim Vercoaken,) hinzu, so erhält man eine ziemlich dünnflüssige Schlacke. So ist es z. B. gelungen, die aschenreichen Zwickauer Steinkohlen zum Betriebe der Leipzig-Dresdener Bahn zu verwenden. Technisch wichtig ist noch ein kleiner Stickstoffgehalt der Steinkohlen, der besonders bei der Darstellung von Leuchtgas als Ammoniak, Cyan und Schwefelcyan erhalten und in der letzten Zeit vielfach technisch benutzt wird.

Der Wassergehalt der Kohlen ist, wenn sie an der Luft ihre Grubenfeuchtigkeit verloren haben, ziemlich gering; er schwankt zwischen 1—12%.

Der ältesten Periode der Vegetation scheint der Anthracit sein Dasein zu verdanken. Wenigstens ist bei ihm die Vermoderung und damit die Steigerung des Kohlenstoffgehaltes bis auf das Höchste (96%) gestiegen. Er ist schwarz, von Glasglanz, derb, ohne alle Pflanzenabdrücke und nur in großen Massen und durch ein starkes Gebläse, am besten von warmen Winde zum Brennen zu bringen.

So in Hochöfen. Sein hauptsächlichstes Vorkommen ist in Nordamerika, wo man indessen durch sinnreiche Feuerungsanlagen, die eine continuirliche Gluth unterhalten, dahin gekommen ist, ihn auch zum Zimmer- und Küchengebrauch verwendbar zu machen. Es kommen auch Pseudoanthracite vor, d. h. Steinkohlenflötze, welche durch nachfolgende Eruptionen größerer, glühender Massen zur Vercoakung gebracht worden sind.

Bei dem Betriebe der Steinkohlengruben bildet eine hauptsächliche Gefahr das Vorkommen von sogenannten schlagenden Wettern. Dies sind explosive Gasgemenge, welche im Wesentlichen aus dem Gruben- oder Sumpfgase, dem leichten Kohlenwasserstoffe, C^2H^4, bestehen.

Es ist dies Gas ein Product der Vermoderung, wie sein Name „Sumpfgas" anzeigt, und wie schon oben erwähnt worden ist. Es ist in den Klüften der Steinkohlen, oft in höchst comprimirtem Zustande, vorhanden, und strömt daher beim Anhauen einer solchen Kluft oft mit großer Gewalt heraus. Außerdem entwickelt es sich in manchen Gruben unausgesetzt in sehr kleinen Bläschen und ist alsdann vielleicht ein Product eines noch jetzt stattfindenden Zersetzungsprocesses, worauf auch die unverhältnißmäßig hohe Temperatur der Steinkohlengruben hindeutet. Diese kleinen Mengen sammeln sich wegen ihrer specifischen Leichtigkeit in den Wölbungen der Decke an, natürlich gemengt mit atmosphärischer Luft, bis sie, durch irgend eine plötzliche Luftbewegung verdrängt, mit der Lampe des Bergmanns in Berührung kommen, und mit fürchterlicher Gewalt explodiren. Auf diese Art verloren früher eine Unmasse armer Bergleute ihr Leben. Man kannte kein Mittel, sie dagegen zu schützen, als eine möglichst gute Ventilation,*) bis endlich der berühmte H. Davy durch seine unsterbliche Erfindung der Sicherheitslampe der Welt ein ebenso werthvolles Geschenk machte, als sein ausgezeichneter Landsmann Jenner durch die Einführung der Kuhpockenimpfung.

---

*) Ein sehr rohes, aber oft angewendetes Mittel war noch, daß ein nach Kräften verwahrter Bergmann mit einem Lichte an einer langen Stange vorauskriechen mußte, um die an der Arbeitsstelle etwa vorhandenen, schlagenden Wetter anzuzünden.

Die brennbaren Gase bedürfen zu ihrer Vereinigung mit Sauerstoff einer ziemlich hohen Temperatur. Kommt daher eine Schicht eines solchen brennenden Gemenges an ein Drathgewebe mit sehr engen Maschen, so wird seine Temperatur durch die starke Wärmeleitung des Metalls so weit erniedrigt, daß sich die Verbrennung nicht auf die andere Seite des Drathgitters fortpflanzen kann. Umgiebt man daher die Arbeitslampe mit einem solchen, allseitig geschlossenen Drathnetze, so wird immerhin Luft genug hinzutreten können, um die Verbrennung zu unterhalten. Dringt aber statt derselben ein solches explosives Gasgemenge ein, so wird zwar die kleine Menge im Innern der Lampe explodiren, die Verbrennung sich aber nicht nach außen fortpflanzen. Zugleich erlischt gewöhnlich die Flamme der Lampe, der Arbeiter entfernt sich und die Arbeitsstelle muß alsdann durch eine gute Ventilation gereinigt werden, bevor sie von Neuem in Angriff genommen wird. Eine eigenthümliche Gefahr tritt durch das brennbare Gas noch ein, indem sich dasselbe in den Löchern ansammelt, welche zum Sprengen des Gesteins mit Pulver gebohrt werden. Diese werden bekanntlich meistens mit losem Pulver gefüllt und dann bis auf eine kleine Oeffnung mit Thon oder Sand verstopft. Durch diese kleine Oeffnung geht eine Art Lunte, die so langsam abbrennt, daß der Arbeiter immer Zeit hat, sich vor der Explosion des Pulvers zu entfernen. Ist aber das Loch mit Grubengas gefüllt, so wird dieses die Verbrennung viel rascher fortpflanzen und fast im Nu das Pulver entflammen. Es bleibt dann nichts übrig, als sich des Galvanismus zum Entzünden der Ladung zu bedienen. Ein besonderer übler Umstand ist es auch, daß die schlagenden Wetter sich durch die Explosion in sogenannte stickende Wetter verwandeln, indem das Grubengas bei seiner Verbrennung Kohlensäure bildet. So fällt der Bergmann aus einer Gefahr in die andere, und schon mancher der nachdringenden Hülfeleistenden hat seinen edelmüthigen Eifer mit dem Leben bezahlen müssen.

Die bis jetzt erwähnten Brennstoffe wurden alle so verwendet, wie sie die Natur uns darbietet. Sie enthalten in diesem Zustande, wie wir oben gesehen, neben großen Quantitäten hygroscopischen Wassers, noch bis zu 50% Sauerstoff und Wasserstoff, in dem Verhältnisse der Wasserbildung. Der durch den Sauerstoff in Beschlag genommene Wasserstoff, trägt nichts zur Wärmebildung bei. Es ist also bloß der Kohlenstoff, welcher gasförmigen Sauerstoff aus der Luft aufnimmt, und dadurch Wärme giebt. Die Temperatur aber, welche seine Verbrennung erzeugen könnte, wird durch die nöthige Verdampfung des Wassers bedeutend herabgedrückt. Wenn es uns also darauf ankommt, überhaupt hohe Temperaturen und zwar mit einem

möglichst geringem Gewicht und Volumen Brennmaterial zu erzeugen, so bleibt uns nichts übrig, als verkohltes Brennmaterial anzuwenden, d. h. solches, aus dem das nutzlose Wasser möglichst entfernt, und der allein nutzbare Kohlenstoff in der größten Verdichtung vorhanden ist. Ein fernerer und nicht unwichtiger Moment ist es, daß wir alsdann auch nicht genöthigt sind, die unnützen Transportkosten für das Wasser des Holzes 2c. zu tragen. Die großen Wälder der Gebirge wären nutzlos oder nur durch Anlage kostspieliger Wege auszubeuten, könnte man nicht das Holz in Kohlen verwandeln.

Die kleinsten Stückchen der backenden Steinkohle, welche in frischem Zustande jeden Rost verstopfen würden, geben große, zusammenhängende Coaks. Der Schwefel, herrührend von dem Schwefelkies, ist ein fast nie fehlender Gemengtheil der Steinkohle; nur durch die Vercoakung können wir ihn entfernen und dadurch die Coaks zur Eisenerzeugung anwendbar machen. Gegen diese so mannigfachen Vortheile ist, in vielen Fällen wenigstens, der Verlust an absolutem Wärmeeffect, die relativ vergrößerte Aschenmenge, von keinem Belange.

So ist denn auch die Erzeugung der Kohlen eine der ältesten Industrien; die Köhler selbst spielen in vielen Sagen des Mittelalters, besonders in Deutschland eine wichtige, romantische Rolle.

Wenn wir nun zu der Theorie des Verkohlungsprocesses übergehen, so frägt es sich zuvörderst, welche Zersetzung die organischen Stoffe erleiden, wenn sie in allseitig geschlossenen Gefäßen, also unter Abhaltung der Luft erhitzt werden. Sie verlieren zuerst bei wenigen Graden über dem Siedepunkte ihr hygroscopisches Wasser. Bei weiterer Steigerung der Temperatur gehen sie in den Zustand der trockenen Destillation über. Von den Bestandtheilen der organischen Körper ist der Kohlenstoff der einzige, welcher auch bei den höchsten Temperaturen seinen festen Zustand nicht verliert. Dagegen sind Wasserstoff und Sauerstoff im freien Zustande, selbst bei den höchsten Kältegraden und unter dem größtem Drucke gasförmig, und werden nur durch die chemische Verwandtschaftskraft im festen Zustande erhalten. Wird nun aber gar die Temperatur erhöht, ein Proceß, der feste Körper in flüssige, flüssige in gasförmige verwandelt, also die Abstoßung der Atome von einander, die Ueberwindung der Cohäsion befördert, so überwiegt ihr Bestreben, den gasförmigen Zustand anzunehmen; sie verflüchtigen sich, und zwar größtentheils in Verbindung mit einander, als Wasser. Dieses Wasser ist aber Product, nicht Educt. Zugleich aber reißen sie mittelst ihrer Affinität Theile des Kohlenstoffs mit, indem sie sich damit einzeln zu binären, oder beide vereint zu ternären Verbindungen vereinigen. Kohlen-

stoff und Sauerstoff geben die Gase Kohlenoxyd, CO, und Kohlensäure, CO^2; Kohlenstoff und Wasserstoff giebt Sumpfgas und Leuchtgas, C^2H^4 und C^4H^4, außerdem mancherlei ölartige und theerige Kohlenwasserstoffe, meist von großer Atomenzahl, so Benzol, Paraffin ꝛc. Unter den Destillationsproducten des Holzes finden sich zwei interessante ternäre Verbindungen, nämlich die Essigsäure, $C^4H^4O^4$, und der Holzgeist, $C^2H^4O^2$, eine alkoholartige Flüssigkeit, endlich das bekannte Kreosot, dessen Analogon beim Steinkohlentheer der Phenylalkohol oder die Karbolsäure, $C^{12}H^6O^2$ ist. Bei stickstoffhaltigen Substanzen, so bei den Steinkohlen, wird der Stickstoff sich mit 3 Aequivalenten Wasserstoff zu Ammoniak verbinden. Nur ein kleiner Theil bildet andere ölartige, flüchtige Alkaloide, wie Anilin und Chinolin. Auch Blausäure, C^2NH, wird gebildet. Der Schwefel der Steinkohle geht als Schwefelwasserstoff und Schwefelkohlenstoff weg, zwei höchst unangenehm riechende Substanzen. Endlich vereinigen sich Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Schwefel zu dem bis jetzt vielfach übersehenen Schwefelcyanammonium.

Als Producte der trockenen Destillation erhalten wir also:

1) Rückständige Kohle.*)
2) Wässrige Auflösungen von Essigsäure, resp. Ammoniak.
3) Oel- und theerartige Flüssigkeiten.
4) Gase, meist aus Kohlenwasserstoffen, Kohlensäure und Kohlenoxyd bestehend.

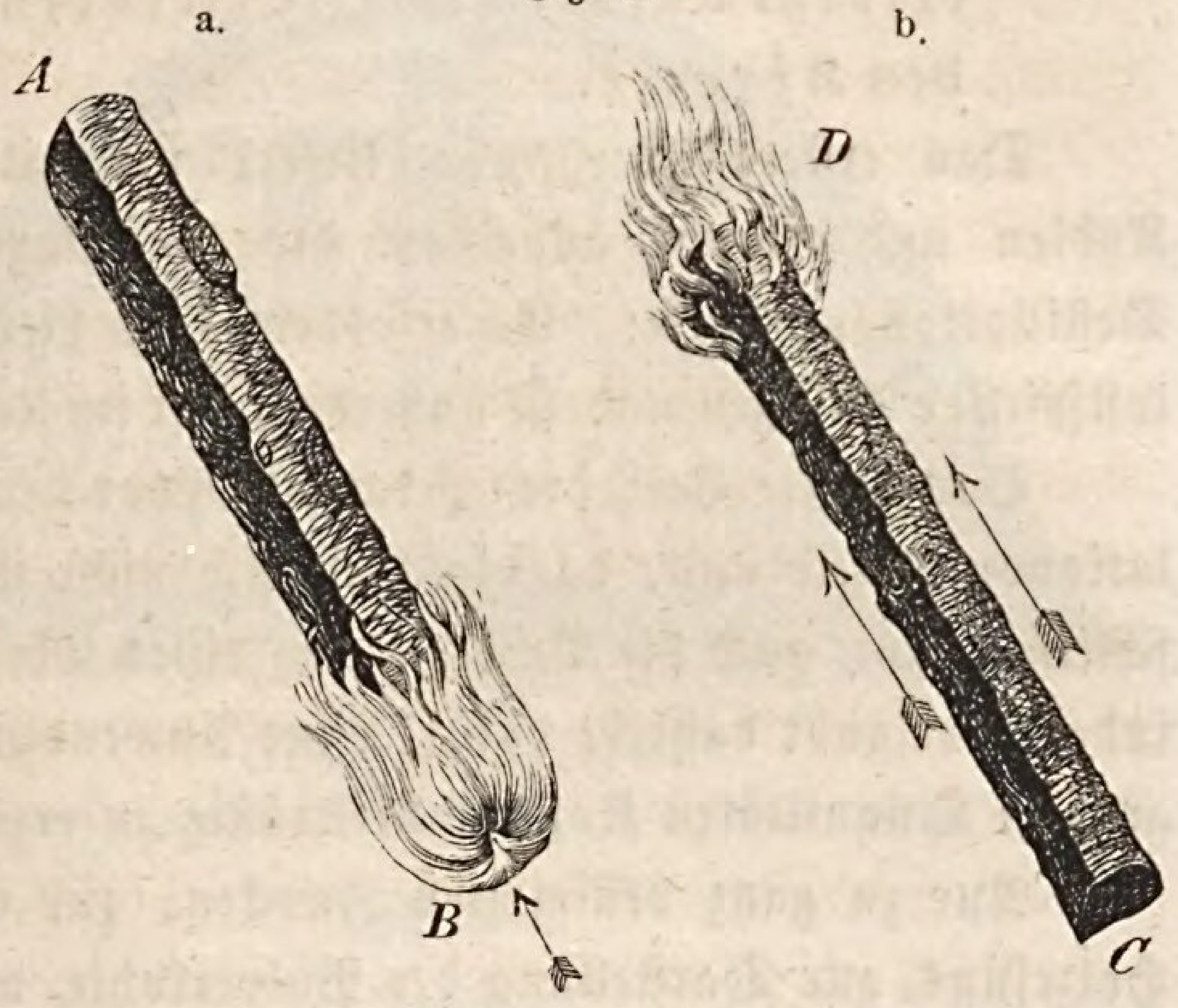
Dieser Erhitzung der Brennstoffe im allseitig geschlossenen Raume steht das Erhitzen derselben an freier Luft gegenüber. Bei jedem Verbrennungsproceß organischer, nicht ohne Zersetzung flüchtiger Substanzen müssen wir zwei Perioden unterscheiden, die eine, wo die Destillationsproducte, die andere, wo die rückständige Kohle verbrennt. Freilich gehen beide Processe meist an einem und demselben Stück zu gleicher Zeit vor sich.

Brennen wir einen Holzspahn an, so wird er eine Flamme geben, und rückständige, allmälig zu Asche verglimmende Kohle lassen. Die Hitze der Flamme des einen Theils wird das daneben liegende Holz zur Destillation, zur Verkohlung bringen. Tauchen wir nun diesen Spahn, in dem Maße,

*) Bei der Verkohlung von Körpern, welche nicht vor der Zersetzung erweichen, zeigt die rückständige Kohle meist noch ganz die Form des angewandten Körpers. So sieht man an der Holzkohle noch die Jahresringe ꝛc. des Holzes; ja unter dem Mikroscop sind selbst die unveränderten Zellen und Gefäße zu erkennen.

als die Entwickelung der gasförmigen Bestandtheile nachläßt, in eine unten geschlossene enge Röhre, schneiden also dadurch den Luftzutritt ab, so wird die Kohle erkalten und unverbrannt zurückbleiben. Hiermit kann man zugleich den folgenden Versuch verbinden, der für die Theorie dieser Art Verkohlung von der größten Wichtigkeit ist. Hält man den Spahn nämlich so, daß die Flamme sich am unteren Ende befindet, (Fig. 2 a), so wird die Verbrennung sich zwar rasch verbreiten, aber auch die Kohle am unteren Ende durch den aufsteigenden Luftstrom sehr rasch verzehrt werden, da sie demselben direct ausgesetzt ist.

Fig. 2.



Brennende Holzscheite.

Dreht man aber den Spahn um, (Figur 2 b), so wird sich die Verbrennung von a nur langsam nach b fortpflanzen, dafür aber die Flamme die schon gebildete Kohle einhüllen und vor weiterer Verbrennung schützen. Es folgt daraus der wichtige Grundsatz: „die Verkohlung an freier Luft muß so geleitet werden, daß der Luftzug vom unverbrannten Theile nach dem brennenden geht.“

Es tritt aber ein weiterer Umstand ein, welcher dieser Forderung direct zu widersprechen scheint. Durch die Destillation und durch die Verbrennung der Destillationsproducte wird eine große Menge Wasserdampf gebildet, der, indem er über die glühenden Kohlen weggeht, sich mit diesen in Wasserstoff und Kohlenoxyd umsetzt. Ebenso zerlegt sich die Kohlensäure mit glühender Kohle in zwei Aequivalente Kohlenoxyd.

$$HO + C = H + CO; \; CO^2 + C = 2CO.$$

Wie man sieht, ein bedeutender Verlust an Kohlenstoff.

Es tritt deswegen die zweite Forderung ein:

„Man leite die Verbrennungsproducte möglichst schnell von den verkohlten Theilen ab.“

Wir werden später sehen, wie die Praxis zwischen diesen beiden Forderungen einen Mittelweg aufgefunden hat.

Nach Obigem hat man also zwei Methoden der Verkohlung zu unterscheiden:

1) Verkohlung mit vollständig abgehaltenem Luftzutritt; die Erhitzung erfolgt von außen.

2) Verkohlung mit regulirtem Luftzutritt; die Erhitzung erfolgt durch partielle Verbrennung des zu verkohlenden Körpers.

Das erstere Verfahren liefert unstreitig die größte Ausbeute an Kohlen und erlaubt außerdem die Aufsammlung und Verwerthung der Destillationsproducte. Es erfordert aber viel Brennmaterial zum Heizen, kostspielige Anlagen und ist außerdem nur im kleinen Maaßstabe auszuführen.

Das zweite Verfahren veranlaßt zwar den Verlust sämmtlicher Destillationsproducte und, da die Luft sich nicht immer zur passenden Zeit abschließen läßt, auch die Verbrennung eines Theiles der rückständigen Kohle; indessen erlaubt dasselbe dafür, ohne Anwendung sonstigen Brennmaterials, größere Quantitäten Kohle fabrikmäßig zu erzeugen.

Nur zu ganz bestimmten Zwecken, zur Gewinnung des sogenannten Holzessigs, zur Darstellung der Pulverkohle, wird die trockene Destillation in geschlossenen Räumen, in eisernen oder thönernen Retorten ausgeführt. Die Leuchtgasbereitung aus Steinkohlen werde ich in der Folge näher erwähnen. In den anderen Fällen werden häufig die entwickelten Gase zurück und in die Feuerung geleitet, um als Brennmaterial zu dienen.

Dagegen wird die zweite der erwähnten Methoden fast ausschließlich zur Erzeugung der in so großer Menge verbrauchten Holzkohlen und Coaks benutzt.

Die wichtigsten Modificationen derselben sind folgende:

a) Verkohlung in Meilern, unter einer beweglichen Decke. Regulirung des Luftzuges durch Einstoßen von Oeffnungen oder Festerschlagen derselben.

b) Verkohlung in Oefen mit fester Decke, Regulirung des Luftzuges durch Oeffnen oder Schließen angebrachter Luftlöcher.

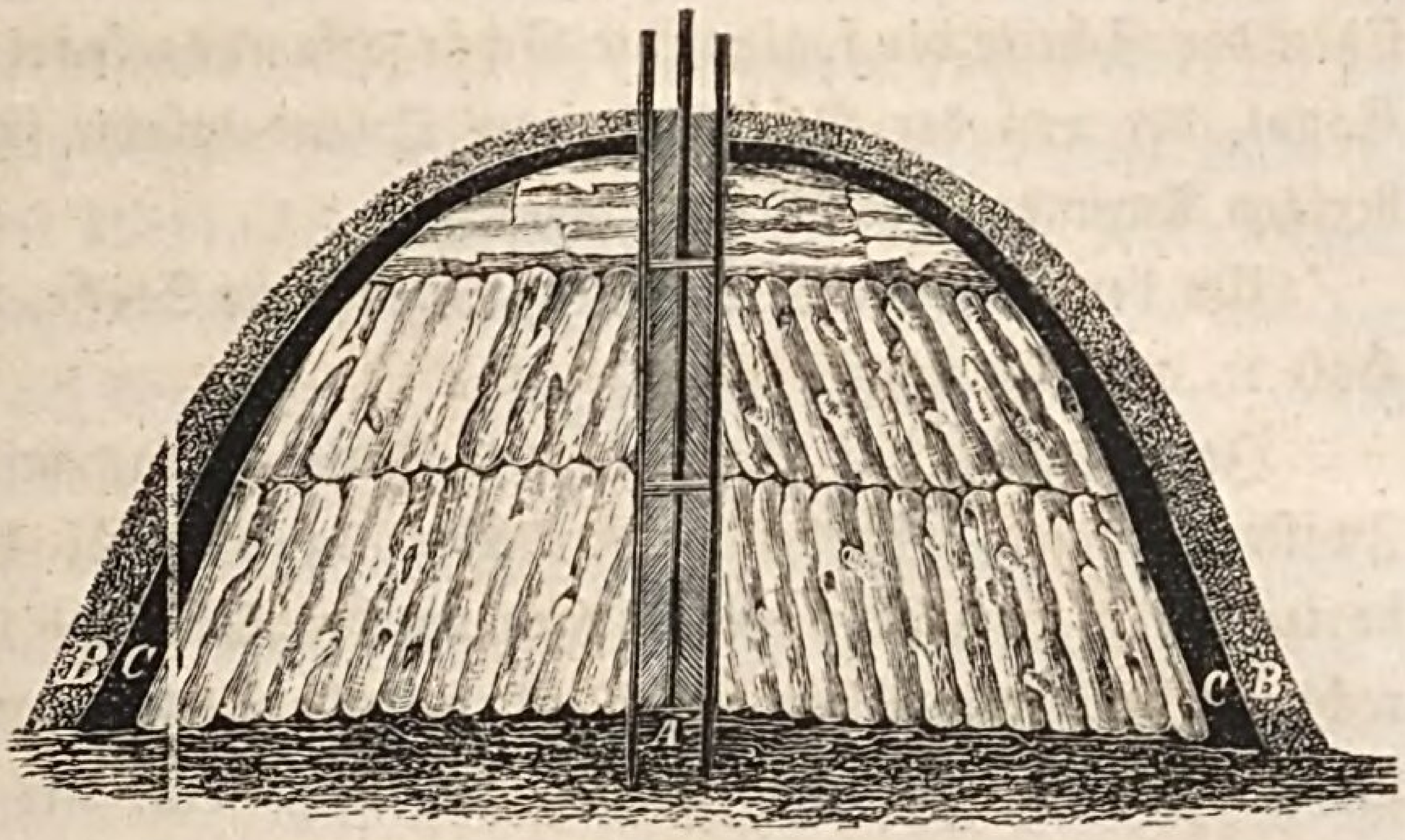
Als Beispiel der ersten wähle ich die Holzverkohlung, als Beispiel der zweiten die Verkohlung der Steinkohlen, obgleich auch umgekehrt die Steinkohlen in Meilern, das Holz in Oefen verkohlt wird.

Der Gang der Holzverkohlung in Meilern zeigt, wie schon in früher Zeit die Forderungen der Theorie auf das Vollständigste durch eine Art Instinct erfüllt worden sind, der seinerseits basirt war auf einer Unsumme practischer Erfahrungen. Der größte Vortheil der Meilerverkohlung

ist der, daß sie überall dem Holzschlage folgen kann, wodurch die Transportkosten auf ein Minimum erniedrigt werden. Die Materialien zum Meilerbau müssen daher überall und mit geringen Kosten zu beschaffen sein.

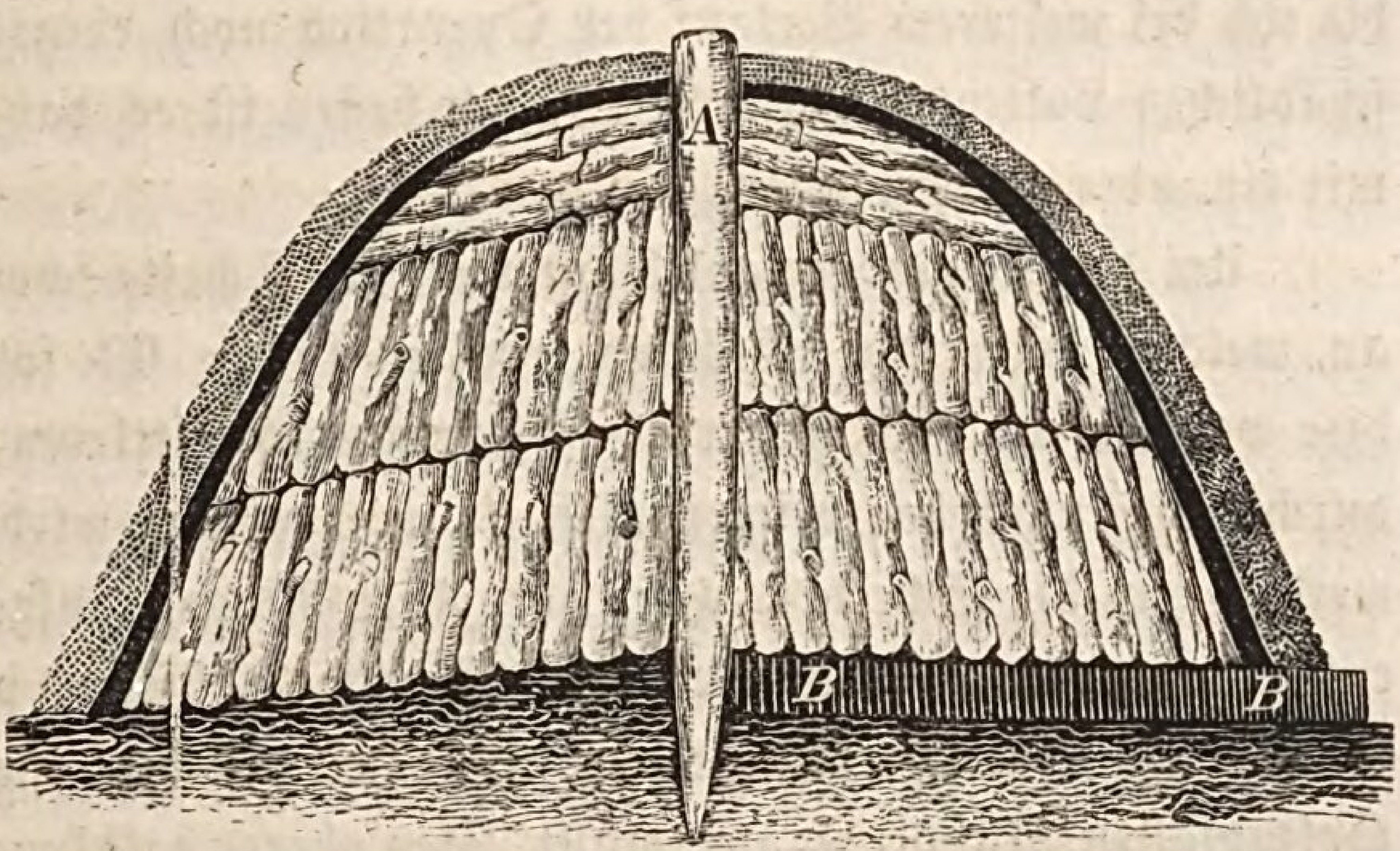
Will der Köhler also einen Meiler errichten, so sucht er sich vor allem eine trockene, ebene, vor dem Winde durch eine Bergwand oder den Wald geschützte Stelle, welche vor allem Wasser und Rasen in der Nähe haben muß. Diesen Platz umgiebt er wohl auch, wenigstens an der Windseite, mit lose aus Stangen und Laubwerk geflochtenen Hürden. Aus demselben Material hat er sich schon vorher eine kegelförmige Hütte, als Zufluchtsort für die Nacht, aufgeführt.

Fig. 3. a.



Deutscher Meiler.
A Quandelschacht. B Löschedecke. C Decke von Rasen.

Fig. 3. b.



Slavischer Meiler.
A Quandelpfahl. B Zündgasse.

Sollte der gewählte Platz ein Eindringen der Erdfeuchtigkeit befürchten lassen, so legt der Köhler einen Rost von Schaalbrettern oder dünnen Scheiten, auf welchen dann eine Lage Lehm oder Kohlenlösche, (mit Lehm gemengter, feuchter Kohlenstaub), geworfen und festgestampft wird. Jetzt schreitet er zur Aufrichtung des Quandelpfahles, einer starken Stange, die mit ihrem unteren, zugespitzten Ende senkrecht in den Boden eingetrieben wird. Dies ist die Axe der zu errichtenden Halbkugel. Statt dessen werden auch drei dünnere Stangen im Dreieck neben einander eingeschlagen und durch Flechtwerk verbunden. Im ersten

und zweiten Drittel dieses sogenannten Quandelschachtes kann man aus zwischengespreizten Holzstücken eine Art Rost construiren. Ein Meiler mit Quandelschacht heißt ein deutscher, ein solcher mit Quandelpfahl ein slavischer Meiler. Bei letzterem muß auf dem Boden beim nachherigen Aufsetzen der Scheite die sogenannte Schürgasse ausgespart werden, ein flacher Canal, der von der Peripherie zum Quandelpfahle führt, und zum nachherigen Anzünden des Meilers dient.

Um den Quandel werden leicht brennbare Stoffe, Kien, halbverkohltes Holz ꝛc. aufgeschichtet.

Jetzt beginnt das Aufsetzen des Meilers, das mit möglichst geringen Zwischenräumen geschehen muß. Man kann dabei die Scheite entweder horizontal in zwei oder drei Ringen um den Quandel legen oder auch senkrecht um denselben stellen. Im ersten Falle werden natürlich an der Peripherie die Zwischenräume bedeutend größer sein, als im Centrum. Im letztern Falle dagegen müssen die Scheite, um die nothwendige Böschung der Seite zu erhalten, nach außen zu immer schiefer gestellt werden, eine Einrichtung, wodurch eine Menge nach oben zugespitzter Zugcanäle entstehen, die sich bei weiterem Verlauf der Operation noch vergrößern und so einen schädlichen Luftzutritt bewirken. Am besten ist es daher, beide Methoden mit einander zu verbinden.

Um den Quandelpfahl lehnt man die Scheite schon unter dem Winkel an, welchen später die Böschung erhalten soll. Es schaden die Zugcanäle hier weniger, da doch später die Structur des mittleren Theils des Meilers durch das Nachstoßen beim Füllen, (s. u.), zerstört wird. Um diesen Conus werden nun die Scheite in zwei oder drei Ringen aufgeschichtet. Dadurch entstehen an der Peripherie treppenförmige Absätze, welche das Anhaften der Decke wesentlich erleichtern. Alle Zwischenräume werden sorgfältig mit Holzabfällen, Astholz ꝛc. ausgefüllt. Den oberen halbkugelförmigen Theil des Meilers, die Haube, bildet der Köhler durch Aufeinanderhäufen kleiner Holzabschnitte, Wurzelstücke u. s. w.

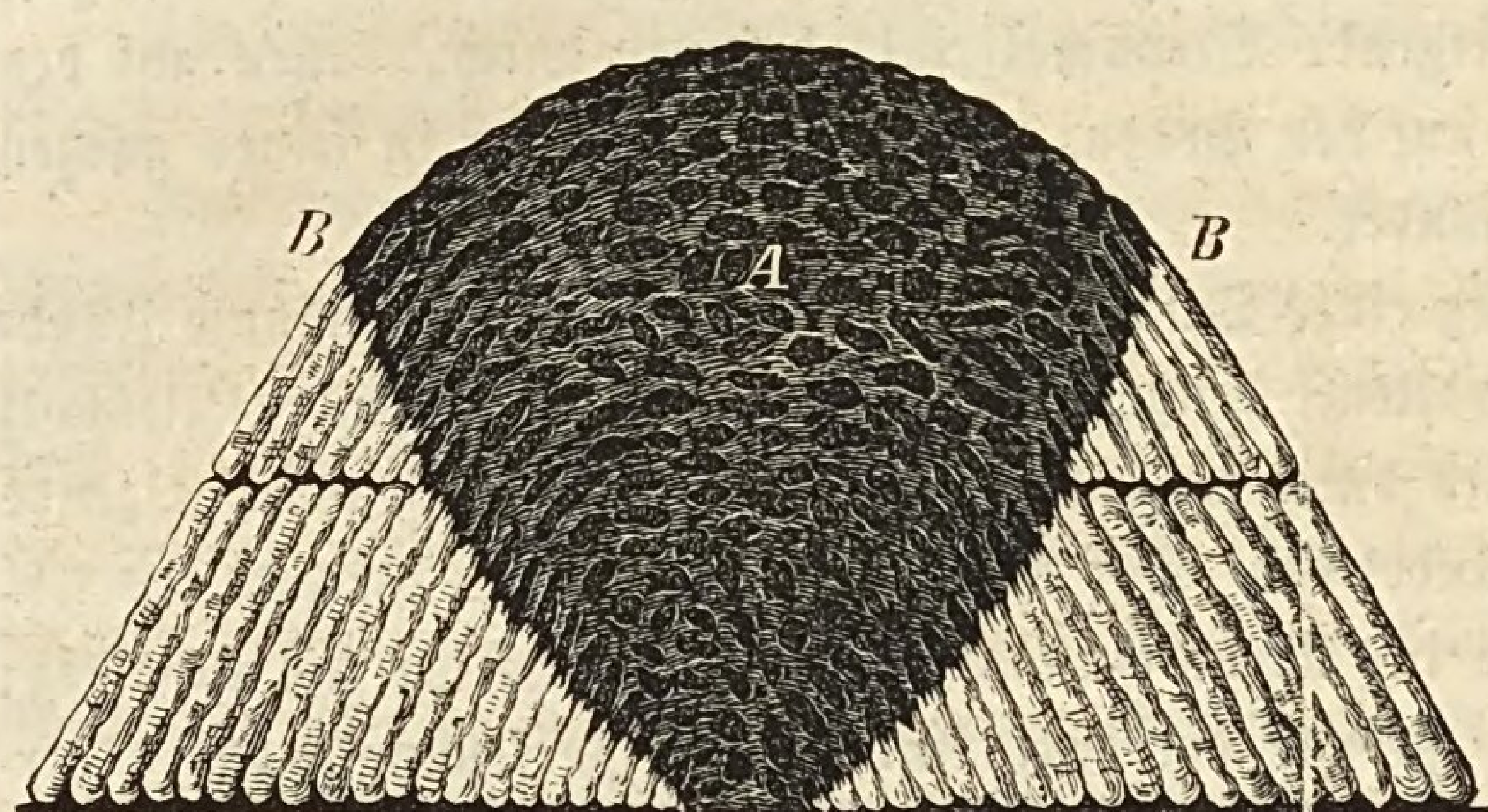
Es folgt nun das Zudecken des Meilers. Die erste Decke wird meist aus ausgestochenen Rasenstücken gebildet, welche mit der Grasseite nach innen rings auf den Meiler aufgelegt und festgeschlagen werden. Diese Decke ruht unten auf der sogenannten Rüstung, gabelförmigen Aesten, welche in den Boden getrieben und durch Flechtwerk verbunden sind, so daß der Fuß des Meilers, im Anfange wenigstens, von der Decke entblößt bleibt, und die Dämpfe durch diesen offenen Ring abziehen können. Auf diese erste Decke kommt eine zweite, am besten von Lösche, sonst von Lehm oder fettem

Sande, den man mit etwas Wasser soweit angefeuchtet hat, daß sich die Masse ballt und auf den Wurzeltheilen der ersten Decke hinreichend haftet, um den Fuß des Meilers von ihr freilassen zu können. Ist so weit Alles vorgerichtet, so schreitet der Köhler zum Anstecken des Meilers, gewöhnlich mit dem ersten Morgengrauen, damit er für die nun nothwendigen Arbeiten die ganze Taheshelle übrig behält. Er wirft durch den Quandelschacht glühende Kohlen hinab. Diese bleiben bei vorhandenen Rosten auf dem ersten liegen, entzünden das umliegende Brennmaterial, brennen durch, fallen auf den zweiten und endlich auf den Boden. So wird der Meiler in seiner ganzen Axe auf einmal entzündet.

Bei Anwendung eines Quandelpfahles wird in die sogenannte Zündruthe, eine vorn gespaltene, lange Stange, ein Stück brennendes Kienholz eingeklemmt, und dies durch die Schürgasse eingeführt, bis das umliegende Brennmaterial entzündet ist. Der Meiler tritt nun in die Periode des Abbähens. Durch die im Kerne entwickelte Hitze erwärmt er sich allmälig; das hygroscopische, so wie der erste Antheil des Zersetzungswassers verflüchtigen sich in dichten, gelbgrauen Dämpfen, die aus dem Fuße des Meilers träge entweichen und, indem sie sich an der noch kalten Decke niederschlagen, diese zu dem sogenannten Schwitzen bringen. Dies ist der kritischste Zeitpunkt, indem hier oft durch die Gewalt der sich plötzlich entwickelnden Dämpfe der Meiler gesprengt und auseinander geworfen wird, wo es dann manchmal sehr schwer hält, den ausbrechenden Brand zu löschen. Andere wollen diese Explosionen, das sogenannte Schlagen des Meilers, von der Ansammlung brennbarer Gase in leeren Räumen desselben und von dem plötzlichen Zutreten einer Flamme, welche sie zur Explosion bringt, herleiten. Während sich der oben erwähnte, dicke Dampf allmälig vermindert, ist unterdessen durch das Verbrennen des Quandelpfahles und der darum angehäuften, losen Brennstoffe ein leerer Raum im Innern des Meilers entstanden, welcher durch neues Material ausgefüllt werden muß, indem sonst eine Art von schädlicher Esse innerhalb des Meilers gebildet werden würde. Der Köhler lehnt eine Art Leiter, welche aus einem eingekerbtem Baumstamme besteht, an die Wand des Meilers, entblößt den oberen Theil der Haube einen Augenblick von seiner Decke, stößt mit der Schürstange die Kohlen zusammen und füllt neue Holzstücken nach, worauf er die Decke wieder auflegt. Jetzt wird auch der bis dahin offen gelassene Ring am Fuße des Meilers mit Kohlenlösche beworfen, dafür aber Raumlöcher, einige Zoll über dem Boden, die sogenannten Fußlöcher, mit der Schürstange eingestoßen.

Es folgt nunmehr die wichtigste Periode, das Treiben, das in einer Verkohlung besteht, zu dem besonders die verbrennenden Destillationsproducte die Hitze liefern. Die Luft strömt zu den Fußräumen ein und durch die noch lockere Decke der Haube ab. So ist die erste der oben erwähnten Forderungen erfüllt; die *Verbrennung verbreitet sich dem Zuge entgegen.**) Am Ende dieses Zeitraumes zeigt der Meiler, wie Versuche im Großen dies bestätigt haben, beistehende Form, (Figur 4.) Der schwarze, umgestülpte Kegel A. stellt die fertige Kohle dar, die hellen Theile das noch unveränderte Holz. Unten und in der Mitte sind die Kohlen durch das

Fig. 4.



Meiler im Treiben begriffen. Senkrechter Durchschnitt.
A Fertige Kohle. B B Brustlöcher.

Füllen unregelmäßig zusammengestoßen, nach Oben aber und nach der Peripherie zu haben die verkohlten Enden die unveränderte Form der Scheite behalten, nur in sehr verminderten Dimensionen und mit großen Zwischenräumen. Die nach außen und unten gelegenen Holztheile sind durch die Abkühlung durch Luft und Boden mit Feuchtigkeit gesättigt. Um daher auch hierher diese sehr unterdrückte Verbrennung zu leiten, ist die Etablirung eines kräftigern Luftzuges nothwendig. Zu diesem Ende stößt der Köhler, nachdem er durch Schlagen mit einem an einem langem Stiele befestigten Brette die Decke auf der Haube verstärkt hat, ungefähr in zwei Drittel der Höhe bei B, ringsherum correspondirend mit den Fußräumen, Löcher mit der Schürstange ein, aus denen bald ein dicker, schwarzer Rauch hervorwirbelt. Anstatt also die Verbrennungsproducte dem natürlichen Zuge nach der Haube zu folgen zu lassen, zwingt man sie, durch die Zwischenräume der verkohlten Enden und durch die Brusträume abzuziehen. Hierdurch ist

*) Während dieser Periode fängt der Meiler an sein Volumen zu vermindern, er schwindet. Findet dieses Schwinden unregelmäßig statt, so ist an der eingesunkenen Stelle der Luftzutritt zu lebhaft, es muß dann das Feuer hier durch Festschlagen der Decke unterdrückt, nach andern Stellen durch Einstoßen von Luftlöchern hingezogen werden.

also auch die zweite obige Forderung erfüllt, daß die Verbrennungsproducte nicht durch die fertigen Kohlen gehen.

Bricht die helle Flamme aus den Brusträumen heraus, so wirft man sie zu und eröffnet ein Paar Fuß tiefer neue Oeffnungen, und so fort, bis auch aus den Fußräumen endlich, wo möglich aus allen gleichzeitig, die Flamme herausschlägt. Es werden dann auch diese zugeworfen, die Decke durch Schlagen verdichtet, und der Meiler zum Abkühlen einige Zeit sich selbst überlassen.

Wollte man bis zum völligen Verlöschen der Kohlen warten, so würde erstens zu viel Zeit verloren gehen, andererseits aber auch zu viel Kohlen durch die nicht vollständig abgehaltene Luft verbrennen. Würde man dagegen die ganze Decke auf einmal entfernen, so müßte jedenfalls der Meiler sich entflammen. Der Köhler entfernt daher wenige Quadratfuß der Decke und holt so rasch als möglich die Kohlen, die er erfassen kann, mit dem Schürhaken heraus. Alsdann wirft er gleich wieder einige Schaufeln von Kohlenlösche auf die entblößte Stelle, löscht die herausgezogenen Kohlen mit Wasser oder Sand und beginnt dieselbe Operation an einer andern Stelle, bis der ganze Meiler auf diese Art aufgebraucht ist. Dieses Kohlenziehen geschieht am besten des Nachts, damit das Auge jeden etwa verborgenen Funken entdeckt.

Was nun die Kohlenausbeute betrifft, so enthalten 100 Theile lufttrockenes Holz ungefähr 40% Kohlenstoff. Von diesen gehen bei der Destillation in verschlossenen Gefäßen ungefähr 13% mit den flüchtigen Destillationsproducten fort, 27% bleiben als Kohle zurück. Bei der Meilerverkohlung mindert sich die Ausbeute durch den unvermeidlichen Kohlenverbrand auf 20—23%. Man erhält jedoch auch diese Menge nur dann, wenn der Proceß hinreichend langsam geleitet worden ist, so daß Wasserstoff und Sauerstoff Zeit gewonnen haben, sich zu Wasser zu vereinigen. Bei zu rasch gesteigerter Hitze gehen beide gasförmige und theerartige Verbindungen mit dem Kohlenstoff ein, und es kann so die Ausbeute auf 15, ja 13% heruntergedrückt werden.

Die Verkohlung des Holzes in feststehenden Oefen wird außer zur Gewinnung von Theer und Holzessig selten angewendet. — Nur noch einige Worte über die in neuerer Zeit mit Vortheil angewendete, sogenannte Rothkohle. Man erhält dieselbe, indem man die Temperatur der Verkohlung nicht viel über 250° C. steigen läßt. Bei dieser Temperatur ist schon der größte Theil des Wasserstoffs und Sauerstoffs entfernt, und man gewinnt bis 31% dieser Kohle, mit der man nahezu dieselbe Temperatur erzielen kann,

als mit reiner Schwarzkohle. Besonders zweckmäßig soll ihre Anwendung beim Hochofenbetriebe sein, wo man sich zu ihrer Darstellung der Gichtflamme bedienen kann. Man läßt dieselbe zu diesem Ende mittelst eiserner Röhren durch gemauerte Kammern streichen, die dicht mit Holzscheiten besetzt sind. Der Rest von Wasserstoff und Sauerstoff, der in der genannten Rothkohle noch enthalten ist, wird beim Niedergehen im Schachte ausgetrieben und dient zur Vermehrung der Gichtflamme. Das größte Hinderniß für dies Verfahren liegt darin, daß man das Holz zum Hochofen transportiren muß. Man hat daher auch im Walde Rothkohlen herzustellen versucht, indem man die Scheite in einem langen Haufen über einem kleinen Graben aufstapelte und mit der gewöhnlichen Decke versah. In diesen Graben wurde dann die möglichst sauerstofffreie Flamme eines kleinen Feuerheerdes getrieben und die Vertheilung derselben in dem Haufen durch Einstoßen von Raumlöchern in der Decke bewirkt. Es ist mir unbekannt, welche Resultate dies Verfahren gegeben, und ob es noch in nennenswerther Ausdehnung ausgeübt wird. Die Rothkohle ist braun, noch etwas biegsam, brennt mit schwacher bläulicher Farbe, und löst sich fast ganz in Aetzalkalien auf. Eine ganz ähnliche Kohle dient zur Bereitung des feinsten Jagdpulvers.

Die Coaks von Torf und Braunkohle sind wegen der großen Mürbheit und des hohen Aschengehaltes zu wenig brauchbar, um sie hier besonders zu erwähnen.

Dagegen finden die Steinkohlencoaks, nach dem Beispiele von England, fast täglich mehr auch bei uns Anwendung. In England werden sie besonders in Meilern und Haufen, bei uns in einer Art Backöfen erzeugt. Die sogenannten Schaumburger Oefen haben feststehende Umfassungs-Mauern, aber eine bewegliche Decke. Sie scheinen zur Darstellung der Coaks im Großen mannigfache Vortheile zu gewähren.

Zur Vercoakung wendet man sowohl Stückkohlen als Gruß an, letzteren freilich nur dann, wenn er ganz oder wenigstens zum Theil von Backkohlen herrührt. Der Gruß ist erst in der letzten Zeit sehr dadurch verbessert worden, daß man ihn vor dem Vercoaken auf eine eigenthümliche Weise schlemmt und dadurch die kleinen Steinkohlenstückchen sowohl von größeren Steinen, als auch von staubförmigen Schmutz und Schlamm befreit. Sind die Kohlen gut backend, so beginnt man diese Aufbereitung häufig damit, daß man den Gruß durch Walzen durchgehen läßt, um ein möglichst gleichmäßiges Korn zu erhalten, und um die eingesprengten Schiefertheilchen blos zu legen und zu zerdrücken.

Man bringt ihn alsdann auf ein schiefliegendes Sieb, durch welches in kurzen Intervallen ein Wasserstrom von unten her eintritt. Hierdurch wer-

den die Kohlentheilchen gehoben, und nach den tieferen Punkten des Siebes fortgeführt, während der Schieferschlamm dem zurückfließenden Wasser folgt. Die größeren Steine bleiben meist auf der Stelle liegen und können mit der Hand leicht ausgelesen werden. Als Hauptregel zur Erzielung fester Coaks ist eine möglichst langsame Verkohlung anzurathen. Man hat von der dabei etwa zu viel zutretenden Luft weniger Verlust an Coaks zu fürchten, da sie bei weitem schwieriger verbrennen als Holzkohlen. Zu stark backende Kohlen geben zu großblasige Coaks, welche durch starke, aufliegende Erzschichten zu Staub zerdrückt werden würden. Man darf sie daher nur in dickeren Lagen vercoaken, wo alsdann die Last der oberen Schichten die Entstehung zu großer Blasen hindert.

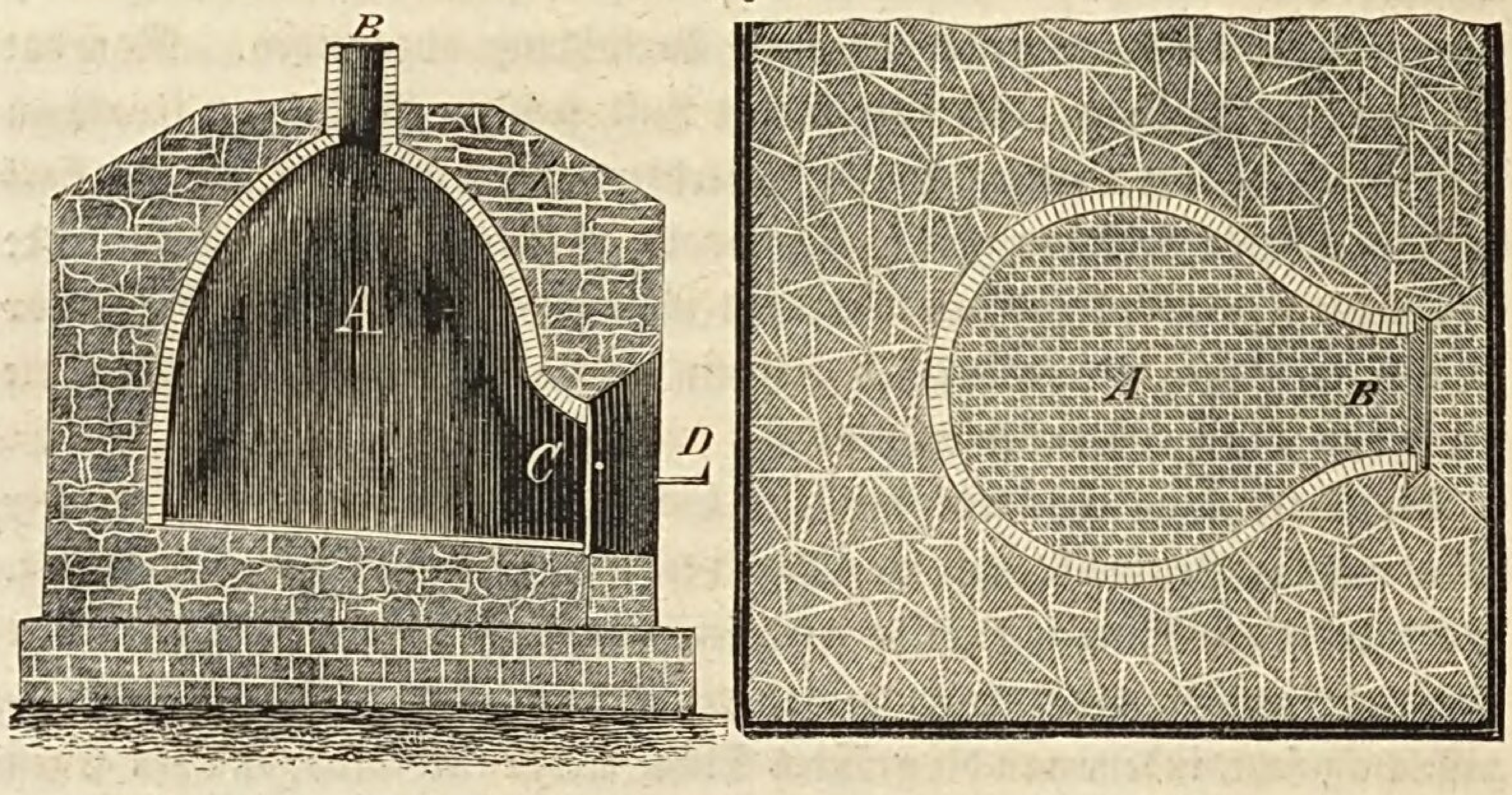
Die Vercoakung geschieht meistens immer an derselben Stelle, an der Mündung der Grube oder an einem damit correspondirenden Eisenbahnstrang.

Bei der Verkohlung in Haufen wird meistens Stückkohle angewendet. Die Steinkohle wird längs einer ausgespannten Schnur zuerst in einer Art Längsgasse aufgesetzt, indem man die größten Stücke mit den Ablösungsflächen gegen einander lehnt; darüber kommen kleinere zu liegen, bis man den Haufen mit Gruß abrundet. Pfähle, die längs der Schnur eingeschlagen worden sind, lassen beim Herausziehen leere Räume, die man nun mit brennenden Kohlen anfüllt und so das Feuer durch den ganzen Haufen verbreitet. Läßt die Flamme an einer Stelle nach, überziehen sich die Coaks mit Asche, so unterdrückt der Arbeiter hier das Feuer durch Aufwerfen einiger Schaufeln Kohlenlösche, die sich immer in hinreichender Menge vorfindet. Nach dem Abkühlen werden die Coaks gezogen. Man häuft auch wohl die Kohlen um eine niedrige Esse an, die durch Weglassen einiger Steine durchbrochen aufgemauert ist und durch einen eisernen Deckel verschlossen werden kann. Es werden alsdann in dieselbe einige glühende Kohlen geworfen, die das Feuer bald nach außen verbreiten. Dann erst bedeckt man den Meiler mit Lösche und stößt einige Raumlöcher ein. Der Zug geht dann von dort in die Esse. Ist die Verkohlung fast beendet, so wird die Esse mit ihrem Deckel geschlossen, ebenso die Raumlöcher, endlich die Decke verstärkt und nach einiger Zeit die Coaks gezogen.

Die am häufigsten angewendeten Coaksöfen (s. Fig. 5. a u. b, p. 26) haben meistens eine nach vorn sich zusammenziehende, kreisförmige Sohle und ein ziemlich flaches Gewölbe, alles aus möglichst feuerfesten Steinen construirt. Die Sohle ist etwas nach vorn, d. h. nach der Einsatzthüre zu, geneigt, um die fertigen Coaks leichter herausschaffen zu können. Das Gewölbe ist meistens mit einer kurzen Esse versehen, welche durch einen Deckel

von Eisenblech nach Belieben verschlossen werden kann. Man findet diese Oefen in langen Reihen neben einander, häufig in die Wand eines Hügels hineingebaut. Alsdann führt gewöhnlich eine Art Eisenbahn unmittelbar

Fig. 5.



Coaksofen, a im Durchschnitt; b im Grundriß.

aus der Grube am Bergabhange hin, so daß die Kohlen sogleich von oben durch die Esse in den Ofen geworfen werden können. In den Vercoakungsanstalten, welche die Eisenbahnen versorgen, finden sich meistens je vier solcher etwas größeren Oefen im Quadrat vereinigt und durch eine Umfassungsmauer und Zwischenfüllen von Sand gegen allzugroßen Wärmeverlust geschützt. Hier werden die Kohlen meistens durch die Thüröffnung hineingeworfen. Die Arbeit in diesen Oefen ist perpetuirlich. Unmittelbar nachdem die Coaks der einen Operation gezogen, werden neue Steinkohlen eingeworfen, die sich von der Hitze der Ofenwände sogleich entzünden. Die Eintragsöffnung wird durch eine eiserne, mit Chamottesteinen gefütterte Thüre verschlossen, die mit mehreren Reihen Zuglöchern versehen ist, mittelst welcher man das Zuströmen der Luft und damit die ganze Operation der Vercoakung reguliren kann *). Die Dauer der Operation kann nach der

*) Die größten Verschiedenheiten herrschen besonders in der Construction dieser Thüren. Bald sind sie einfach zum Wegnehmen eingerichtet und werden durch einen Querriegel festgehalten, bald hängen sie an einem Balancier und gleiten in Falzen 2c. 2c. Die festeste Verbindung mit den Chamottesteinen soll man erhalten, wenn man dieselben gleich in die Form legt, in welcher die Thür gegossen werden soll. Man kann auch die Thüröffnung nach dem Beschicken einfach mit besonders geformten Chamottesteinen versetzen, die mit Löchern durchbohrt sind, welche einerseits zum Zulassen von Luft dienen, andererseits aber auch die Handhabung mittelst einer Gabel ermöglichen.

Größe des Einsatzes und der Regulirung des Luftzutrittes 24—96 Stunden betragen; wie schon oben angeführt, je länger, je besser. Nur ist hierbei zu bemerken, daß sich alsdann das Anlagecapital verdoppelt, ja vervierfacht, indem dann zur Production einer bestimmten Menge Coaks um so mehr Oefen nöthig sind, je länger eine jede einzelne Operation einen solchen in Anspruch nimmt. Dafür ist aber auch wegen des niedrigern Hitzegrades die Dauer der Oefen eine um so längere. Aus dem Schornstein entweicht zuerst ein dicker Qualm, dann eine glänzende Flamme, die endlich in einen bloßen heißen Luftstrom übergeht. Die guten Kohlen, besonders die englischen, backen dabei zuerst zu einer vollkommen zusammenhängenden Masse zusammen, die allmälig zu großen Stücken zerklüftet und so, nach luftdichtem Verschluß der Esse und nach Abnehmen der Thüre mit großen Schürhaken herausgezogen werden kann. Zur besseren Handhabung liegen diese Haken auf einer eisernen Querstange oder hängen in Ketten vor der Ofenöffnung.

In Seraing habe ich Oefen gesehen, bei denen diese Operation des Ausziehens sehr erleichtert war. Der Ofen bestand aus einer oblongen Sohle, die mit einem einfachen, flachen Gewölbe überspannt war, und zwei einander gegenüberliegende Thüröffnungen besaß, die ganz denselben ⌂ förmigen Querschnitt zeigten. Nach Beendigung des Vercoakens wurden beide Thüren entfernt und durch die eine derselben eine Art Stempel eingeführt, der nun, indem er durch eine kleine, transportable Dampfmaschine bewegt wurde, die ganze Coaksmasse auf einmal zur anderen Thüröffnung herausschob. In Wittenberge soll man statt dessen beim Einsetzen gleich ein schmiedeeisernes Gitter mit hineinbringen, das schließlich mit der ganzen Coaksmasse aus dem Ofen gezogen wird. Die gezogenen Coaks werden durch Ausbreiten gelöscht, auch wohl mittelst einer Brause mit Wasser besprengt. Merkwürdiger Weise entwickelt sich dabei ein deutlicher Schwefelwasserstoffgeruch, so daß es besonders für Eisenwerke von Wichtigkeit ist, diese Operation nicht zu vernachlässigen, indem so der letzte Rest des dem Eisen so nachtheiligen Schwefels entfernt wird. Leider scheint dadurch die Eigenschaft der Coaks, nach wenigen Wochen in Gruß zu zerfallen, noch gesteigert zu werden, und es müssen die so gelöschten Coaks daher rasch verbraucht werden.

Die Schaumburger Coaksöfen[1], die zuerst in der Grafschaft Schaumburg angewendet worden sind und davon ihren Namen erhalten haben, eignen sich besonders zur massenhaften Production. Außerdem liefern sie wegen der langen Dauer der Verkohlung eine sehr große Ausbeute und vermögen selbst aus übermäßig backenden Steinkohlen kleinblasige,

dichte und schwere Coaks zu erzielen, wie sie besonders zum Hochofenbetriebe sich geeignet zeigen. Sie bestehen einfach aus einem abgepflasterten, länglich viereckigen Raume von 30′ Länge und 8′ Breite, der durch zwei Längs-, und eine Rückmauer begrenzt ist, die etwa 4′ Höhe haben. Die Vorderseite bleibt frei, und dient später zum Ziehen der Coaks.

In den Seitenmauern sind horizontale und verticale Canäle ausgespart. Die ersteren, welche etwa in der Höhe von 1¼ Fuß über der Sohle angebracht sind, stehen in beiden Mauern einander genau gegenüber. Senkrecht auf diesen stehen analoge Kanäle, die als Essen für den abzuführenden Rauch dienen, während die horizontalen zu Zündgassen bestimmt sind. Die Weite derselben beträgt etwa 9″ im Quadrat, und es sind 11—12 an jeder Seite vorhanden.

Das Besetzen der Oefen geschieht folgendermaßen. Zwischen je zwei Oefen ist eine hölzerne Plateform, auf welche die Steinkohlen aufgefahren werden, die man von hier gleichmäßig in die Oefen hineinwirft, nachdem passende Stangen in die horizontalen Canäle eingeschoben worden sind. Um diese Stangen werden die Kohlen mit hölzernen Rammen fest eingestampft, bis der Ofen etwa zu ¾ seiner Höhe angefüllt ist. Die vordere Wand ist aus losen Steinen und einem dahinter befindlichen Erdverschlage provisorisch aufgesetzt worden. Eine gleiche Erdlage wird oben aufgegeben. Sie folgt allen Formveränderungen der vercoakenden Masse und bietet damit alle die Vortheile einer beweglichen Decke, die schon bei der Meilerverkohlung des Holzes sich herausgestellt haben.

Nach dem Besetzen werden die oben erwähnten Holzstangen herausgezogen, und der Ofen durch Hineinbringen von brennenden Steinkohlen in die dadurch entstandenen Canäle entzündet. Man leitet den Luftzug durch abwechselndes Oeffnen und Schließen der horizontalen Züge der einen, der verticalen Essen der andern Mauer, zuletzt auch wohl durch stellenweises Einstoßen von Raumlöchern in die Erddecke. Gewöhnlich wird aller sechs Stunden der Zug umgesetzt. Der Brand dauert acht Tage, worauf 2—3 Tage zum Abkühlen gestattet werden.

Ein solcher Ofen faßt c. 400 Ctr. Steinkohlen. Eine der vorzüglichsten Coaksanstalten dieser Art ist die Anlage im Holzhauerthal bei Saarbrücken. Die Coaksöfen, 74 an der Zahl, sind an beiden Wänden eines Thales vertheilt, und zwar in solcher Höhe, daß oberhalb derselben die Schienenstränge laufen, welche zum Schachtmundloche führen, während unmittelbar eine Terrasse weiter unten die Waggons stehen, welche die fertigen Coaks auf die Mannheim-Saarbrück-Pariser Eisenbahn schaffen.

Die Ausbeute an Coaks ist schon nach der raschen oder langsamen Vercoakung um 4—6% verschieden; noch größer differirt sie indessen bei den verschiedenen Sorten Steinkohlen. Sie schwankt zwischen 52%—86%, ja bei anthracitartiger Kohle soll sie bis 95% steigen (?).

Die erhaltenen Coaks haben ein metallisch glänzendes, eisengraues Ansehen. Sie sind kleinblasig und zeigen oft die sonderbarsten Formen. So finden sich manchmal in den Coaksöfen Bildungen, die vollständig haarförmig sind und durch ihre Kräuselung dem Negerhaare ausnehmend ähneln. Es sind dies Gebilde aus fast reinem Kohlenstoff, die wahrscheinlich durch Zurückfallen und weitere Zersetzung der theerigen Destillationsproducte entstehen. In den Coaks kann man noch deutlich die unverändert gebliebenen Partien der Faserkohle, (s. o.), bemerken, die viel zum nachherigen Zerfallen der Coaks beitragen, vielleicht weil sie einen andern Ausdehnungscoefficienten beim Erwärmen zeigen. Die große Menge Wärme, die mit der Flamme der Coaksöfen entweicht, wird jetzt vortheilhaft zur Erzeugung von Dampf benutzt, indem man die Kessel unmittelbar auf die Oefen legt und die Flammen unter denselben circuliren läßt. Um dies indessen zu bewirken, ist die Anbringung eines hohen Schornsteins unvermeidlich, durch den leicht ein zu starker Luftzutritt und damit eine Verminderung der Coaksausbeute eintreten kann. Zweckmäßiger vielleicht erscheint es noch, die abziehenden heißen Gase zur Erhitzung der Ofenwände selbst zu benutzen, indem man sie durch Canäle um denselben leitet, ein Verfahren, dessen verschiedene Modificationen in Belgien vielfach patentirt worden sind.

Diesen festen Brennmaterialien haben sich in der letzteren Zeit auch die mannigfaltigsten gasartigen beigesellt. Aus der obern Mündung eines Hohofenschachtes, der Gicht, entwickeln sich während der ganzen Schmelzcampagne immerfort brennbare Gase, die sich dort mit Luft mengen und die sogenannte Gichtflamme bilden. Diese Gase enthalten, bei Anwendung eines verkohlten Brennmaterials, neben einer großen Menge Stickgas, herrührend von der eingeblasenen atmosphärischen Luft, bis zu 30% Kohlenoxydgas.

Die Entstehung desselben läßt sich leicht erklären, wenn man bedenkt, daß die Füllung eines Hohofens aus abwechselnden Schichten von Kohlen und von Metalloxyden besteht.

Die atmosphärische Luft, welche unten durch das Gebläse hin eingepreßt wird, giebt ihren Sauerstoff an die Kohle ab und erzeugt damit im ersten Augenblick Kohlensäure, CO^2. Diese hat nun, wie schon erwähnt, die Eigenschaft, mit stark glühender Kohle in Berührung noch Kohlenstoff aufzunehmen und damit Kohlenoxyd, CO, zu bilden. $CO^2 + C = 2CO$. Das

Kohlenoxyd ist das brennbare Gas, welches die schwachen Flammen liefert, die wir über recht stark glühenden Kohlen bemerken.

Mag nun auch dieses Kohlenoxyd im Aufsteigen durch die Erzschichten noch so oft wieder zu Kohlensäure oxydirt werden, indem sich dabei die Oxyde reduciren, so nimmt letztere doch aus den darüber folgenden Schichten des Brennmaterials immer wieder Kohlenstoff auf, bis das regenerirte Kohlenoxyd nicht mehr reducirend wirkt und nun unverändert nach oben entweicht.

Die Spuren beigemengter Kohlensäure, so wie der Wasserstoff und die Kohlenwasserstoffe rühren größtentheils von einer noch nicht ganz vollständigen Verkohlung des angewandten Brennmaterials her, die sich im Schachte selbst vollendet. Der Wasserstoff, der sich oft in nicht unbeträchtlicher Menge nachweisen läßt, wird auch durch den Wasserdampf geliefert, welcher sich in der Gebläseluft 2c. findet und sich mit dem Kohlenstoff, wie angeführt, zerlegt.

Die Gichtgase werden jetzt meistentheils zur Erhitzung der Gebläseluft verwendet, indem man die Gicht mit einem Deckel bis auf einen Spalt an der Seite verschließt und die hier heraus strömende Flamme durch einen Appellkamin in einen seitlichen Ofen zieht, in welchem die eisernen Windröhren liegen. In Schottland stellt man die hosenförmigen, flachgedrückten Windröhren in einem Kranze um die Gicht auf und umgiebt sie, des Zusammenhaltens der Flamme wegen, mit einem Mantel von Backsteinen. Auch kann man die Gichtgase seitlich durch einen Kanal ableiten und zum Puddeln oder zum Schweißen des Stabeisens verwenden. In diesem Falle muß aber die Sohle des zu heizenden Ofens wenigstens im Niveau der Gicht liegen und außerdem mit den Gichtgasen zugleich ein heißer Luftstrom eingeblasen werden. Die Gase werden dann gewöhnlich durch eine kleine Reservefeuerung entzündet. Meistentheils liefern indessen die Hohöfen nicht genug Gichtgase zum Betriebe der nöthigen Schweiß- und Puddelöfen und in diesem Falle hat man häufig zu den sogenannten Generatorgasen seine Zuflucht genommen, zu denen man auch die mannigfachen Brennmaterialabfälle verwerthen kann, welche wegen schädlicher mineralischen Beimengungen, wegen ihrer pulverförmigen Beschaffenheit 2c. nicht zur Feuerung, besonders für metallurgische Zwecke, angewendet werden können. In der Idee sind diese Generatoren niedrige Schachtöfen, deren Gicht nach Belieben durch einen Deckel und Schieber luftdicht verschlossen werden kann, und die seitlich einen weiten Canal zum Abführen der Gase haben. Durch die Construction des Ofens ist dafür gesorgt, daß unmittelbar vor diesem Canal ein ziemlich weiter, leerer Raum im Ofen ist, in welchem sich die entwickelten

Gase ansammeln können. Die Luft strömt entweder unten durch einen Rost ein, oder sie wird durch ein Gebläse zugeführt. Sie bringt die unterste Schicht zum lebhaften Verbrennen, die darüber liegende zum heftigen Glühen, so daß sich die anfangs erzeugte Kohlensäure hier in Kohlenoxyd verwandelt. Die darauf folgenden Schichten befinden sich im Zustande der trockenen Destillation, die obersten endlich werden vorgewärmt und ausgetrocknet. Der chemische Vorgang unterscheidet sich also nur darin von dem im Eisenhohofen, daß die wiederholte Oxydation und Reduction des Kohlenoxydes wegfällt. Außerdem mengen sich, wegen der Anwendung von unverkohlten Materialien, die gas- und theerartigen Producte der trockenen Destillation bei, die oft eine bedeutende Steigerung der Temperatur herbeiführen. Diesem Umstand ist es zuzuschreiben, daß z. B. der Schweiß- und Puddelofenbetrieb in Ilseburg, wo Generatorgase, aus den harzreichen Tannenzapfen erzeugt, zur Anwendung kommen, so vortreffliche Resultate liefert.

Besonders nachtheilig in Beziehung auf die Temperatursteigerung wirkt dagegen ein starker Wassergehalt der rohen Brennstoffe, da der Wasserdampf bei seiner Bildung eine Menge Wärme latent macht und außerdem zu seiner weiteren Erhitzung sehr viel derselben beansprucht.

Mit Braunkohlengasen lassen sich daher Glasöfen oder Puddelöfen nur dann heizen, wenn es möglich ist, die Braunkohlen vorher sehr gut zu trocknen.

Die bedeutende Aschenanhäufung, die bei Anwendung von aschenreichen Brennstoffen stattfindet und ein beständiges Räumen des Rostes nöthig macht, das aus einer Verstopfung des Ofens entstehende Aussetzen der Flamme, also Unterbrechung der Arbeit, sowie endlich die ziemlich häufigen und gefährlichen Explosionen*), haben sich dem allgemeinen Gebrauch der Generatorgase noch in den Weg gestellt.

Die mannigfachen künstlichen Brennmaterialien, die in letzterer Zeit, oft mit übertriebenen Lobpreisungen, anempfohlen worden sind, bezwecken meistentheils nichts anderes, als die Verwerthung von Abfällen. So ist das Carbolein von Weschniakoff Klein von guten backenden Steinkohlen mit irgend einem wohlfeilen Fett oder Theer zu einer steifen Masse angemacht,

*) Den Explosionen scheinen ähnliche Ursachen, wie bei den Meilern zu Grunde zu liegen. Durch Nachstürzen des Kohlenkleins kann sich plötzlich ein weiterer Canal bilden, durch den unverbrannte Luft bis zu dem Raume dringt, in welchem sich das Kohlenoxyd ansammelt. Es entsteht dadurch ein sehr explosives Gasgemenge, das sich durch eine zutretende Flamme mit starkem Knall entzündet.

welche in Backsteinformen gepreßt wird. Es werden hierdurch sonst unbrauchbare Abfälle zu Gute gemacht, und man erhält durch das beigemengte Fett ein sehr wirksames Brennmaterial. Auch gestattet die regelmäßige Form die möglichste Benutzung des Raumes; es ist daher das Karbolein besonders für Dampfschiffe zu empfehlen, deren Raum, bei weiten Reisen, oft zum größten Theil durch das nöthige Brennmaterial in Anspruch genommen wird, ein Grund, weshalb in diesem Falle die Segelschiffe bis jetzt die Oberhand behalten haben. Leider sind die Kosten für das beizumengende Fett, sowie für die Handarbeit zu bedeutend, als daß diese Compositionen irgend eine wichtige Rolle zu spielen berufen wären. In neuerer Zeit werden die sogenannten Pariser Kohlen sehr empfohlen, die aus Holzkohlenabfällen, verkohltem Reisig ꝛc., durch Mengen mit Theer, Pressen in Formen und starkes Ausglühen in eisernen Töpfen fabricirt werden. Sie sollen, abgesehen von einem großen Aschengehalt, sich gut bewährt haben; ihre Erzeugung kann indessen immer nur eine beschränkte sein.

Bei allen den bisher erwähnten Brennmaterialien sind, um ihren Werth zu beurtheilen, besonders drei Fragen zu lösen:

1) Wieviel Wärmestoff kann ein bestimmtes Gewicht des Brennstoffs erzeugen? Dies ist der absolute Wärmeeffect. (A. W. E.)
2) Wieviel Wärmestoff giebt ein bestimmtes Volumen des Brennstoffes? Dies nennt man den relativen Wärmeeffect. (R. W. E.)
3) Welche Temperatur kann man mit dem vorliegenden Brennstoff erzeugen? Dies ist der pyrometrische Wärmeeffect. (P. W. E.)

Was nun zuerst den absoluten Wärmeeffect betrifft, so kann man zwar den Wärmestoff nicht wägen, weil er zu den Imponderabilien gehört; wohl aber kann man bestimmen, welchen Effect ein bestimmtes Gewicht Brennmaterial beim Verbrennen auf ein bestimmtes Gewicht Wasser, Eis ꝛc. hervorbringt, d. h. um wieviel Grade des Thermometers die Temperatur des Wassers durch die Aufnahme der sämmtlichen erzeugten Wärme gesteigert wird. Diese Thermometergrade sind freilich wieder conventionell. Die wichtigsten Arbeiten über die absoluten Wärmeeffecte haben in früherer Zeit Lavoisier und Laplace, Rumford und Despretz geliefert. In den letzten Jahren ist dieses Thema von Favre und Silbermann mit einer seltenen Ausdauer und Genauigkeit behandelt worden, und ihre Arbeiten haben zu vielen ganz von den bisherigen abweichenden Resultaten geführt. Nachdem die früheren Forscher auf experimentellem Wege für zahlreiche einfache und zusammengesetzte Stoffe den absoluten Wärmeeffect festzustellen versucht,

glaubte man, hierauf gestützt, ihn im Voraus aus der Zusammensetzung berechnen zu können. Gerade dies ist aber durch Favre's und Silbermann's Versuche als unthunlich erwiesen worden. Sie fanden scheinbare Unregelmäßigkeiten, die indessen nur auf die Mitwirkung anderer Kräfte hinzudeuten scheinen, (s. u.).

Rumford bediente sich zu diesen Experimenten des von ihm erfundenen Calorimeters, eines Kastens von Kupfer, mit einem bestimmten Gewicht Wasser angefüllt, durch welchen eine metallene Röhre in Schlangenwindungen durchgeführt wurde. Diese Röhre ging unterhalb des Kastens in einen metallenen Trichter aus, unter welchem ein bestimmtes Gewicht des zu untersuchenden Körpers, z. B. Oel, Alkohol 2c. verbrannt wurde. Hatte man nun auch die Quantität des zu erwärmenden Wassers und seine Temperatur vor und nach dem Versuche bestimmt, so hatte man alle nöthigen Daten zur Bestimmung des absoluten Wärmeeffectes. Um den Einfluß der Wärmeabgabe an die umgebende Luft zu compensiren, hielt R. die Temperatur des Wassers vor dem Versuche ungefähr um so viel Grade niedriger, wie die der Luft, als sie nach dem Versuche höher war. Um die ungleiche Erwärmung des Wassers in den verschiedenen Schichten zu compensiren, ist es am besten, ein Thermometer mit sehr langem cylindrischem Quecksilberreservoire anzuwenden, das demnach durch alle verschiedenen Wasserschichten hindurch reicht.

Lavoisier und Laplace ließen die entwickelte Wärme auf schmelzendes Eis wirken, und maßen die Menge des abfließenden Wassers.

Ihre Versuche lassen sich mit denen Rumford's leicht vergleichen, wenn man bedenkt, daß 1 ℔ Wasser von 79° C. und 1 ℔ Eis von 0° 2 ℔ Wasser von 0° geben. 1 ℔ aus dem Calorimeter abgeflossenes Wasser repräsentirt also die Erwärmung von 1 ℔ Wasser von 0° C. auf 79° C.*)

---

*) Favre und Silbermann wandten bei ihren Versuchen folgenden Apparat an, der ihnen gestattete, selbst sehr kleine Wärmemengen mit großer Schärfe zu messen. Er kann, genau genommen, als ein Thermometer mit sehr großer Kugel betrachtet werden, in dessen Innern die Wärmeerzeugung stattfindet. Wir haben ein mit Quecksilber gefülltes Glasgefäß vor uns, von etwa 1 Liter Capacität, und mit 3 Tubulaturen versehen.

Durch die erste, weiteste, wird ein unten geschlossener Eisen- oder Platincylinder eingeführt, der zur Aufnahme des Glasröhrchens dient, in welchem die Verbrennung vor sich geht. Zwei in dem Deckel eingekittete Glasröhren dienen zum Zuführen des Sauerstoffs und zum Abführen der Verbrennungsproducte.

In die zweite Oeffnung paßt eine enge Glasröhre, die auf einem in Millimeter getheiltem Maaßstabe befestigt ist, und in der dritten endlich ist eine Art

Practisch werden jetzt meistens die Heizeffecte der verschiedenen Brennmaterialien nach den Mengen Wassers von 100° C. angegeben, welche 1 Kgr. des Brennmaterials bei gewöhnlichem atmosphärischen Druck zu verdampfen vermag. Eine Vergleichung wird dadurch möglich gemacht, daß man aus Versuchen weiß, daß mit der Wärme, welche 1 ℔ Wasser zu verdampfen vermag, 5,5 ℔ Wasser von 0° auf 100° erwärmt werden können. 1 ℔ Dampf von 100° condensirt sich zu 1 ℔ Wasser von 100°, indem er dabei 5,5 ℔ des umgebenden Wassers von 0° auf 100° C. erhitzt.

Wenn man die Wärmemenge, welche 1 ℔ Wasser bedarf, um dadurch um einen Grad der Celsius'schen Thermometerscala erwärmt zu werden, eine Wärmeeinheit oder Calorie nennt, so repräsentirt 1 ℔ geschmolzenes Eis 79 Cal. und 1 ℔ verdampftes Wasser von 100° C. 550 Cal., (strenger genommen 537 Cal.).

Durch die mit verschiedenen Substanzen angestellten Versuche ergeben sich folgende Zahlen, die ich nach den neuesten Forschungen angebe:

Ein Gewichtstheil Wasserstoffgas giebt 34462 Wärmeeinheiten bei seiner Verbindung mit Sauerstoff. Verbindet er sich mit Chlor zu Salzsäure, so werden nur 23782 Wärmeeinheiten frei, vielleicht weil der Chlorwasserstoff ein permanentes Gas ist und daher viel Wärme bindet, wie sich das schon bei seiner Auflösung in Wasser durch die starke Erhitzung zu erkennen giebt.

Ein Gewichtstheil Diamant verbrennt zu Kohlensäure mit der Entwickelung von 7770 Calories.

Kolben befestigt, welcher dazu dient, den Stand des Quecksilbers bei Anfang des Versuchs auf den Nullpunkt der Scala zu bringen. Das Instrument wird graduirt, indem man abgewogene Mengen heißen Wassers in das Glasgefäß zugleich mit einem empfindlichen Thermometer bringt. Man läßt dasselbe um eine bestimmte Anzahl Grade abkühlen und findet so direct die einer Wärmeeinheit entsprechende Ausdehnung. Durch Einhüllen in Schwanenfell ꝛc. wird der Einfluß der äußeren Temperatur abgehalten.

Soll mit diesem Instrumente z. B. der absolute Wärmeeffect der Holzkohle bestimmt werden, so wird eine beliebige Menge angezündet in das Instrument gebracht und durch langsames Zuströmen von Sauerstoff die Verbrennung eingeleitet. Der Stand des Quecksilbers in der Meßröhre wird mittelst des Kolbens auf den Nullpunkt zurückgeführt, und von diesem Augenblicke an die erzeugte Kohlensäure in einem gewogenen Kaliapparate aufgefangen. Nach einiger Zeit liest man den Stand des Quecksilbers in der Maaßröhre ab und wiegt den Kaliapparat von Neuem. So findet man die Menge des verbrannten Kohlenstoffs und der dadurch erzeugten Wärmeeinheiten.

Der ebenfalls aus reinem Kohlenstoff bestehende Graphit giebt 7796 Cal., während die Holzkohle 8080 liefert. Diese Differenzen erklären Favre und Silbermann aus der verschiedenen specifischen Wärme dieser Kohlenstoffmodificationen. Verbrennt die Kohle in Stickstoffoxydul, so giebt sie gar 11158 Cal., indem letzteres Gas bei seiner Zerlegung selbst Wärme liefern soll. Verbindet sich die Kohle nur mit 1 Aeq. Sauerstoff zu Kohlenoxyd, so werden nur 2471 Cal. entwickelt, während bei der weiteren Verbrennung zu Kohlensäure der Rest von 5610 Cal. erzeugt wird. Das erste Aequivalent Sauerstoff, welches hinzutritt, erzeugt demnach nur 30 %, das zweite 70 % der ganzen Wärmemenge.

Daß man nicht unmittelbar aus der Zusammensetzung der Körper ihre Wärmeeffecte berechnen könne, ergiebt sich daraus, daß isomere Körper von absolut gleicher procentischer Zusammensetzung doch ungleiche Wärmemengen entwickeln können. So giebt z. B. die Buttersäure, $C^8H^8O^4$, per Gewichtstheil 5647 Cal. während der Essigäther, $C^4H^3O^3 + C^4H^5O$ 6292 Cal. entwickelt. Vergleichen wir diese Angaben mit der früheren Annahme, daß per Gewichtstheil consumirten Sauerstoffs 3000 Cal. entwickelt würden, und daß die absoluten Wärmeeffecte der brennbaren Körper nur von der verbrauchten Menge Sauerstoff abhingen, so möchte uns bei oberflächlicher Betrachtung leicht ein Mißtrauen gegen diese scheinbar so complicirten Angaben beschleichen. Für denjenigen indessen, der gewohnt ist, alle Erscheinungen der Natur als Producte verschiedener Factoren aufzufassen, muß es einleuchten, daß z. B. beim Verbrennen von festem Kohlenstoff zu gasförmiger Kohlensäure verhältnißmäßig weniger Wärme frei werden kann, als bei der Umwandlung von perpetuirlich gasförmigem Wasserstoff zu flüssigem Wasser. Wenn auch die Menge des verbrannten Sauerstoffs der eine Factor der erzeugten Wärmemenge ist, so muß davon im ersten Falle die Vergasungswärme des Kohlenstoffs abgezogen, im zweiten Falle die im Wasserstoffgas latente Wärme zugezählt werden.

Ueber allen diesen, noch nicht hinreichend durch Zahlen belegten, scheinbaren Abnormitäten stehen indessen zwei äußerst wichtige Gesetze, die durch die neueren Untersuchungen gerade zu einer fast absoluten Evidenz herausgestellt worden sind.

1) Es wird gleichviel Wärme entwickelt, ob die Verbindung auf einmal oder in Zwischenstufen erfolgt.

2) Bei Zerlegung einer Verbindung wird gerade so viel Wärme wieder gebunden, als bei ihrer Bildung frei wurde.

Aus diesen beiden Sätzen folgen für die Praxis sehr wichtige Thatsachen. Bei der Anwendung von Generatorgasen z. B. kann man nur dann den vollen absoluten und pyrometrischen Wärmeeffect erhalten, wenn das erzeugte Kohlenoxyd auf seinem Wege zum Heizofen keinerlei Abkühlung erleidet. Wäre dieselbe ganz zu vermeiden, so würde es ganz gleich sein, ob man die Kohle direct oder als Generatorgas verbrennt. Hierdurch erklärt sich ferner die große Temperaturerniedrigung, wenn Kohlensäure im Hohofen oder in einer Rostfeuerung mit geringem Luftzutritt zu Kohlenoxydgas reducirt wird. Entweicht dasselbe unverbrannt, so muß nebenbei ein sehr bedeutender Verlust an absolutem Wärmeeffect eintreten. Es leuchtet ferner ein, welche Thorheit in den oft wiederholten und übermäßig angepriesenen Vorschlägen liegt, mit den Gasen zu heizen, die durch Darüberleiten von Wasserdampf über glühende Kohlen sich bilden, und die im Wesentlichen ein Gemenge von Wasserstoff und Kohlenoxyd sind.

Leite ich Wasserdampf auf glühende Kohlen, so verlöschen sie, wenn ich nicht durch Erhitzung von außen die Wärmemenge zuführe, die durch die Erhitzung, mehr noch durch die Zerlegung des Wasserdampfs absorbirt wird. So erhalte ich freilich ein Gasgemenge, das eine reine und ziemlich heiße Flamme, indessen keinen Falls mehr Wärme giebt, wie wenn ich die Zerlegungs- und Erhitzungskohle direct in Anwendung gebracht hätte.

Um noch einige der für die Praxis wichtigsten Zahlen zu geben, so entwickeln:

Gute Coaks circa	7500	Calor.
„ Steinkohlen	7500	„
Holzkohle	8000	„
Lufttrocknes Holz	3000	„
Torf	2500	„
Braunkohle	3000	„

Natürlich modificiren sich diese Angaben sehr nach dem Gehalt an Asche und Wasser, die am besten durch eine genaue quantitative Analyse bestimmt werden. Der absolute Wärmeeffect, dividirt durch den Marktpreis des Brennmaterials, dem Gewichte nach, giebt den Brennwerth desselben an.

Der specifische Wärmeeffect, d. h. der Wärmeeffect eines bestimmten Volumens Brennmaterials wird einfach aus dem absoluten Wärmeeffect der einzelnen Brennmaterialien erhalten, indem man denselben mit dem specifischen Gewichte der Substanzen multiplicirt. In der Praxis liegt selten mehr vor, als die Frage, wieviel ein Kubikfuß rc. wiegt und Wärme

erzeugt, indem der Hüttenmann sich oft genöthigt sieht, nur beschränkte Räume für das Brennmaterial anzuwenden, auch das meiste Brennmaterial dem Volumen nach verkauft wird. Hier müssen natürlich die leeren Zwischenräume, welche immer nach der Größe und Form der Stücke variiren, neben dem spec. Gewicht der Substanzen berücksichtigt werden.

Bedeutend wichtiger und interessanter als dieser Punkt ist der pyrometrische Wärmeeffect, besonders für die Metallurgen. Es ist dies die Angabe der höchsten Temperatur, welche durch irgend ein Brennmaterial erzeugt werden kann.

Das Gußeisen schmilzt zwischen 1600 und 1700° C. Giebt nun irgend ein Brennmaterial, z. B. Holz, bei seiner Verbrennung nicht diese Temperatur, so kann ich unendliche Mengen desselben verbrennen, ohne daß ich doch das Gußeisen in Fluß zu bringen vermag. Sowie ich das Holz in Kohlen verwandle, gelingt es mir leicht, weil die Kohle eine höhere Verbrennungstemperatur oder einen pyrometrischen Wärmeeffect besitzt, der über 1700° C. hinaus liegt. Ich gewinne von 50 % des im Holze enthaltenen Kohlenstoffs nur 25 %, opfere also über die Hälfte des absoluten Wärmeeffectes, um den nöthigen pyrometrischen Wärmeeffect zu erzielen. Der pyrometrische Wärmeeffect ist durch Versuche nicht gut zu bestimmen, da wir noch keine irgend passende Instrumente zur Bestimmung der Temperaturen haben, welche über den Siedepunkt des Quecksilbers hinaus liegen. Selbst das Danniel'sche Pyrometer, welches aus der Ausdehnung eines Graphitstäbchens in der Hitze auf die Temperatur schließt, ist ein Instrument, welches schwierig zu handhaben, immer noch ungenau und besonders nicht vergleichbar in seinen Angaben ist.

Dagegen läßt sich der pyrometrische Wärmeeffect mit einiger Sicherheit aus der Zusammensetzung und dem absoluten Wärmeeffect der Körper berechnen. Ehe ich versuche, ein oberflächliches Bild von dieser Berechnung zu geben, muß ich zuerst noch Einiges über den Begriff: „specifische Wärme" erwähnen. Wenn ich das oben angegebene Calorimeter von Rumford statt mit Wasser mit einem gleichen Gewichte Quecksilber angefüllt hätte, so würde ich bei Anwendung eines und desselben Gewichtes desselben Brennmaterials das Quecksilber viel höher als das Wasser erhitzt haben. Wären die enthaltenen 10 Kgr. Wasser z. B. durch Verbrennung von 10 Gr. Kohlenstoff von 0° C. auf 8° C. erwärmt worden, so würden 10 Kgr. Quecksilber gerade um 33mal soviel Grade, nämlich auf 264° C. erhitzt worden sein. Das Quecksilber wird also 33mal leichter erwärmt, es bedarf $^1/_{33}$ des Wärmestoffs, welchen das Wasser braucht, um gleich stark erhitzt zu werden.

— Wenn die spec. Wärme des Wassers 1 ist, so ist die des Quecksilbers 0,03 *).

Besonders nach zwei Methoden, der Mischung und der Abkühlung, sind die relativen Verhältnißzahlen der verschiedenen Körper in Beziehung auf die specifische Wärme gefunden worden, indem man dabei die des Wassers gleich 1 setzte.

Als Beispiel der ersten Methode kann die Mischung von Wasser von 0° C. und Quecksilber von 100° C. dienen; ich finde dann, daß ich auf 1 Kgr. Wasser 33 Kgr. Quecksilber bedarf, um die mittlere Temperatur von 50° C. zu erzielen.

Lasse ich 1 Kgr. Wasser und 1 Kgr. Quecksilber von 100° C. unter gleichen Verhältnissen auf 0° C. abkühlen, so braucht das Wasser dazu 33mal so viel Zeit als das Quecksilber.

Dies sei ein Beispiel der Methode der Abkühlung. Soll die spec. Wärme der Gase ermittelt werden, so läßt man ein bekanntes Volumen oder Gewicht derselben durch zwei Schlangenröhre circuliren, in deren erstem sie durch Dampf auf 100° erwärmt werden, um die empfangene Wärme in dem zweiten, an das umgebende kalte Wasser abzugeben, dessen Menge genau ermittelt ist. Würde ich z. B. 1 Kgr. Luft anwenden, und in das Condensationsrohr 10 Kgr. Wasser bringen, würde ferner die auf 100° C. erwärmte Luft auf 20° C. abgekühlt, das Wasser dagegen von 18° C. auf 20° erwärmt, so entspräche dies 20 Calories = 80 Luftcalories. Die spec. Wärme der Luft ist demnach 0,25.

Um nun auf die Berechnung des pyrometrischen Wärmeeffectes zurückzukommen, so denken wir uns zuerst, daß ein elementarer Körper, also z. B. Kohlenstoff, in reinem Sauerstoffgase zu Kohlensäure verbrenne. Sehen wir dabei von aller Wärmeableitung ab, so ist es natürlich, daß alle entwickelte Wärme sich auf die entstandenen Producte der Verbrennung, also hier auf die Kohlensäure, überträgt. 1 Gewichtstheil reinste Holzkohle giebt mit 2,66 Gewichtstheilen Sauerstoff 3,66 Gewichtstheile Kohlensäure. Hätte dieselbe nun dieselbe spec. Wärme, wie das Wasser, bedürfte sie ebensoviel Wärmestoff, als dieses, zur Erwärmung, so würden die entstehenden 8080 Wärmeeinheiten sich auf 3,66 Gewichtstheile vertheilen, die Kohlensäure also auf $\frac{8080}{3,66}$ ° C. = 2208° C. erwärmen.

*) Gerade diese niedrige, specifische Wärme des Quecksilbers macht es sehr geeignet zum Füllen von Thermometern, weil es eben zum Erwärmen einer sehr kleinen Wärmemenge bedarf.

Die specifische Wärme der Kohlensäure ist aber geringer, nämlich 0,221, d. h. sie bedarf nur $\frac{221}{1000}$, oder ungefähr ein Fünftel der Wärme wie das Wasser, um ebenso hoch, erwärmt zu werden; durch die ganze Wärme wird sie also $\frac{1000}{221}$ mal so hoch oder auf 9995° C. erwärmt. Der allgemeinere Ausdruck lautet daher: man dividire den absoluten Wärmeeffect des Brennstoffes, in Wärmeeinheiten ausgedrückt, durch die relative Gewichtsmenge des Verbrennungsproductes, multiplicirt mit dessen specifischer Wärme: $\frac{8080}{3,66 \times 0,221} = 9995^\circ C.$

Bei Wasserstoff ist die Berechnung demnach ganz ähnlich. 1 Gewichtstheil Wasserstoff verbindet sich mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff zu 9 Gewichtstheilen Wasserdampf, dessen specifische Wärme nicht 1,000, (die spec. Wärme des tropfbar flüssigen Wassers), sondern 0,8470 ist und entbinden dabei 34460 Wärmeeinheiten. Daraus ergiebt sich die Formel $\frac{34460}{9 \times 0,847} = 4522^\circ C.$

Verbrennen gemengte Körper in reinem Sauerstoffgase, so leuchtet ein, daß sich die erzeugten Wärmeeinheiten auf alle Verbrennungsproducte gleichmäßig vertheilen werden, und zwar im Verhältniß ihrer specifischen Wärme. Man erhält also den pyrometrischen Wärmeeffect, indem man die erzeugten Wärmeeinheiten dividirt durch die Summe der Verbrennungsproducte, nachdem man jedes einzelne mit seiner specifischen Wärme multiplicirt hat. Der leichte Kohlenwasserstoff, CH^2, enthält in 100 Theilen 85,7% Kohlenstoff und 14,3% Wasserstoff, entsprechend 3,141 Theilen Kohlensäure und 1,287 Theilen Wasserdampf. Er liefert nach Favre und Silbermann 13063 Wärmeeinheiten bei seiner Verbrennung. Die entstehende Temperatur ist demnach $\frac{13063}{(3,141 . 0,221) + (1,287 . 0,847)} = 7322^\circ C.$

Da wir aber nur in sehr seltenen Fällen reinen Sauerstoff zur Verbrennung benutzen, so müssen wir vor allem noch den Fall berücksichtigen, wo man die Brennmaterialien in atmosphärischer Luft verbrennt. Hier wird außer der Kohlensäure und dem Wasserdampf noch die große Menge des beigemengten Stickstoffgases mit erwärmt werden müssen.

Verbrennt also Kohlenstoff in atmosphärischer Luft, so verzehrt er 2,66 Gewichtstheile Sauerstoff, und da auf je 1 Gewichtstheil Sauerstoff 3,33 Gewichtstheile Stickstoff kommen, so entsprechen dieser Sauerstoffmenge 8,88 Gewichtstheile Stickstoff.

So bestehen also gewissermaßen die Verbrennungsproducte aus 3,66 Gewichtstheilen Kohlensäure und 8,88 Gewichtstheilen Stickstoff.

Der pyrometrische Wärmeeffect des Kohlenstoffs bei der Verbrennung an der Luft ist demnach $\frac{8080}{(3,66 . 0,221) + (8,88 . 0,2754)} = 2494^0$ C. Bei Wasserstoff ergiebt dieselbe Rechnung ein noch etwas niedrigeres Resultat, nämlich 2313⁰C. Durch Flammenfeuer kann man daher nicht die Temperatur erzeugen, wie durch Glühfeuer, vorausgesetzt, daß in beiden Fällen keine unverbrannte Luft sich beimengt. Dies ist für Glühfeuer nur im Gestell des Hohofens, für Flammfeuer nur im Porcellan- und Glasofen der Fall. Bei den gewöhnlichen Rostfeuerungen enthält die entweichende Feuerluft meistens noch bis zu 10% freien Sauerstoff, es ist demnach noch einmal soviel Stickgas zu erwärmen. Ebenso wird dieser theoretische Effect sehr geschwächt, wenn das Brennmaterial feucht ist, indem bei der Verdampfung eine Menge Wärme latent wird, und weil außerdem der erzeugte Wasserdampf eine sehr hohe specifische Wärme besitzt.

Man sieht, wie irrthümlich es ist, wenn man die Wasserstoff-Sauerstoffflamme für die heißeste hält. Sie ist dies nur, weil sie im Vergleich zu andern Flammen mit reinem Sauerstoffgase gespeist wird. Würde man Kohlen mit Sauerstoffgase anblasen, so würde man ohne Zweifel noch bedeutend höhere Temperaturen erzielen können. Eine mit Sauerstoffgas angeblasene Terpentinölflamme giebt augenscheinlich eine höhere Temperatur, als das Knallgasgebläse.

Feuerungseinrichtungen.

Bei der Betrachtung der so verschiedenartig construirten Feuerungen kann man besonders zwei größere Gruppen unterscheiden, nämlich:

a) Feuerungen mit natürlichem Luftzuge.

b) Feuerungen mit Gebläse.

Zu den ersteren gehören unsere Stubenöfen, die Dampfkesselfeuerungen, endlich die Flammöfen.

Die Repräsentanten der letzteren Art finden besonders in der Metallurgie als Kupolofen, Hohofen ꝛc. Anwendung.

Bei allen Feuerungen kann man drei gesonderte Räume unterscheiden, die nur theilweise zusammenfallen. Es sind dies:

1) der Feuerraum zur Erzeugung,

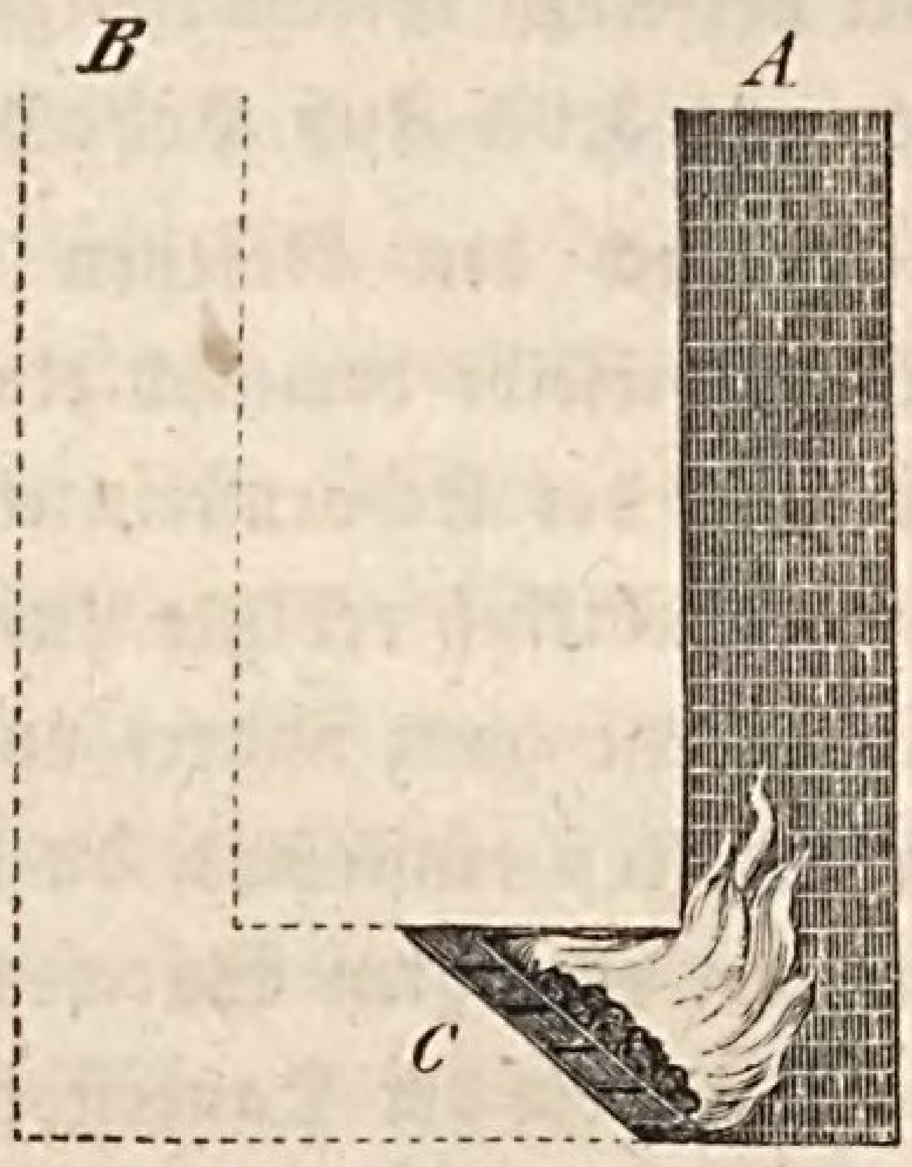
2) der Heizraum zur Benutzung der Wärme,

3) die Esse zur Abführung der erzeugten Verbrennungsproducte.

a. Die Feuerungen mit natürlichem Luftzuge basiren sich auf der Erscheinung, daß die Luft beim Erhitzen leichter wird.

Es ist die Esse als der eine Schenkel A einer Uförmigen Röhre zu betrachten, deren anderen Schenkel B eine ebenso hohe Säule der atmospärischen Luft bildet. Denken wir uns nun eine solche Uförmige Röhre anfangs mit Wasser gefüllt, und nehmen wir an, daß in den einen Schenkel Quecksilber gegossen würde, so würde dies, weil es 13,5mal schwerer ist, das Wasser verdrängen und es aus der Mündung des anderen Schenkels ausfließen machen. Supponiren wir nun einen Augenblick, daß das Quecksilber sich durch irgend eine Kraft in der Biegung der Uförmigen Röhre in Wasser verwandelte, und immerfort neues Quecksilber in A nachflösse, so würde aus dem andern Schenkel B immer Wasser abfließen. Dies ist dieselbe Erscheinung, die bei einer Feuerung mit Rost und Esse eintritt. Die äußere, kältere Luft ist das einfließende Quecksilber, das sich in der Biegung, (hier in der Feuerung), in Wasser, d. h. in die leichtere, erhitzte Luft umwandelt. Setzen wir dies Beispiel fort, um die Geschwindigkeit zu ermitteln, mit der die warme Luft aus der Esse ausströmt. Das auf der einen Seite einfließende Quecksilber würde dem Wasser auf der andern Seite das Gleichgewicht halten, selbst wenn die Säule des letzteren im umgekehrten Verhältnisse der specifischen Gewichte, also 13,5mal, höher wäre. Wären die Schenkel gleich lang, so würde das Wasser als Springbrunnen sich weit über die Mündung A erheben und dieselbe dabei, theoretisch genommen, mit derselben Geschwindigkeit passiren, wie diejenige wäre, die es beim Zurückfallen auf denselben Punkt erlangen würde. Es ist ein bekannter Satz der Physik, daß ein in die Höhe geworfener Körper beim Aufsteigen und Fallen in jedem gleichhochliegendem Punkte gleiche Geschwindigkeit besitzt.

Fig. 6.



Zur Essentheorie.
A Esse. B Luftsäule. C Rost.

Wären ferner die Schenkel z. B. 1 Fuß lang, so würde die überfließende Wassersäule 13,5—1 oder 12,5 Fuß lang sein, während dagegen bei einer Schenkellänge von 10 Fuß der freispringende Wasserstrahl 135—10 oder 125 Fuß hoch wäre.

Hiermit sind die wichtigsten Daten für die Berechnung der Geschwindigkeit des Zuges gegeben. Ein Volnmen Luft dehnt sich bei seiner Erwärmung um 1° C. um 0,00365 aus. Wird es daher z. B. im Feuerraum

auf 100° C. erwärmt, so wird eine Säule von 10 Fuß Höhe zu einer solchen von 13,65 Fuß, bleibt aber gleich schwer und wird von der kalten Luftsäule getragen. Die Luft wird daher aus der oberen Essenmündung mit derselben Geschwindigkeit ausströmen, die ein Körper erlangen würde, der aus 3,65 Fuß Höhe herabfiele.

Nach den Gesetzen des Falles und nach der Formel $v = \sqrt{2.g.h}$ würde dieselbe demnach etwa 14,8 Fuß in der Secunde betragen.*) Hätte demnach der Schornstein einen Queerschnitt von 1 Quadratfuß, so würden 14,8 Cubikfuß erhitzte Luft in der Secunde die Esse verlassen.

Eine ganz andere und noch wichtigere Frage ist es, wieviel kalte Luft in den Rost einströmt, da hiervon die Menge des verzehrten Brennmaterials und der erzeugten Wärmemenge wesentlich mit abhängt.

Indem der Sauerstoff in Kohlensäure übergeht, ändert er sein Volumen nicht, und bei reinem Kohlenfeuer haben daher die frische und die verbrannte Luft, notabene bei gleichen Temperaturen, ein gleiches Volumen. Etwas anders stellt sich das Verhältniß bei Flammenfeuer, indem 1 Vol. Sauerstoff, mit 2 Vol. (gebundenen) Wasserstoffs 2 Vol. Wasserdampf liefert. Diese Volumenvermehrung verschwindet indessen ganz gegen die bei weitem überwiegendere, die eine Folge der Temperatursteigerung ist. Die Hitze der Steinkohlenflamme beträgt in den meisten Feuerungen c. 1200° C., indem die theoretische Zahl, 2500° C., durch das unverbrannt einströmende, etwa gleiche Volumen Luft hierauf reducirt wird. Ein Volumen kalte Luft wird dadurch auf etwa das $4\frac{1}{2}$fache ausgedehnt werden. Würde man also, wie es z. B. bei Schweiß- und Puddelöfen geschieht, die Feuerluft mit nahezu dieser Temperatur in den Schornstein entweichen lassen, so würden 100 Cubik-Fuß ausströmender Gase nur 22 Cubik-Fuß einströmender kalter Luft entsprechen. Man könnte mir einwerfen, daß dieses Mißverhältniß wesentlich durch eine erhöhte Steigkraft der Verbrennungsgase compensirt würde, vergäße aber dabei, daß mit der vermehrten Schnelligkeit des Ausströmens auch die Reibung an den Essenwänden und zwar im quadratischen Verhältniß zunimmt, und daß dadurch die Steigkraft auf das wesentlichste beeinträchtigt wird.

Theorie und Praxis haben festgestellt, daß, ceteris paribus, bei Berücksichtigung aller Verhältnisse, eine Temperatur von 300° C., bei der die Luft, auf das Doppelte ausgedehnt, aus dem Schornsteine entweicht, für den

---

*) v = Geschwindigkeit, h = Höhe des Falls, g eine Constante, die 9,8088 Meter oder c. 30 Fuß ist. v demnach $= \sqrt{2.30'.3{,}65'} = 14{,}8'$.

Zug am vortheilhaftesten ist. Man kann demnach in den erwähnten Oefen durch nachträgliche Benutzung der Flamme, durch Anbringung eines Dampfkessels ꝛc. die Zuführung von Luft zum Rost und damit die Verbrennung wesentlich steigern. Streng theoretisch genommen, müßten die Querschnitte der freien Rostfläche, des Heizraumes und der Esse in jedem Punkte der dort herrschenden Temperatur entsprechen. Practisch wird man, bei Steinkohlenfeuerung wenigstens, ausreichen, wenn man für dieselben die Verhältnißzahlen 1 : 4,5 : 2 annimmt. Da die freie Fläche des Rostes, d. h. die Summe der leeren Räume zwischen den Roststäben, zur Hälfte wenigstens durch das aufliegende Brennmaterial gedeckt wird, so wird man wohlthun, hierauf Rücksicht zu nehmen und dieselbe dem Queerschnitte der Esse gleich zu machen. Sehr wesentlich ist es ferner, um eine gesteigerte Reibung zu vermeiden, weite Füchse zum Uebergange nach der Esse zu wählen. Gegen diesen Punkt wird unbegreiflicherweise am allerhäufigsten gesündigt. Sehr wesentlich erscheint es auch, daß zur Verminderung der Reibung die Essenwände möglichst glatt verputzt sind. Am besten möchten sich dazu inwendig glasirte Thonröhren eignen, wie sie z. B. von Feilner in Berlin angefertigt und verwendet werden. In einem Blechschornstein zieht es meistens besser, als in einem gemauerten.

Statt durch eine Esse kann man auch durch sogenannte Röschen einen lebhaften Zug bewirken. Es sind dies nichts anderes als sehr erhöhte Aschenfälle, in denen durch die Wärme, welche vom Roste ausstrahlt, ein energisches Aufsteigen der Luft bewirkt wird. Der Rost liegt zu diesem Ende auf dem Kreuzungspunkte von vier gewölbten Gängen, welche unter der Hüttensohle hinlaufen und in die freie Luft, nach den vier Himmelsgegenden zu, ausmünden. Indem man drei derselben mit Thüren verschließt, und nur diejenige offen läßt, welche gegen den eben herrschenden Wind gerichtet ist, wird bei richtiger Weite der Röschen ein fast gebläseartiger Zug hervorgebracht, den man noch außerdem durch Anbringung von Essen verstärken kann. Dergleichen Röschen sind nur dann gut anzubringen, wenn die Feuerungsanlage auf einem Hügel angebracht werden kann. Sie eignen sich besonders für Feuerungen, wo eine sehr gleichmäßige, hohe Temperatur in einem beschränkten Raume erzeugt werden soll, z. B. bei Glasöfen, wo durch Anbringung einer seitlich gelegenen Esse ein zu rasches Entweichen der Flamme, eine ungleichmäßige Erwärmung der einzelnen Häfen hervorgebracht werden würde.

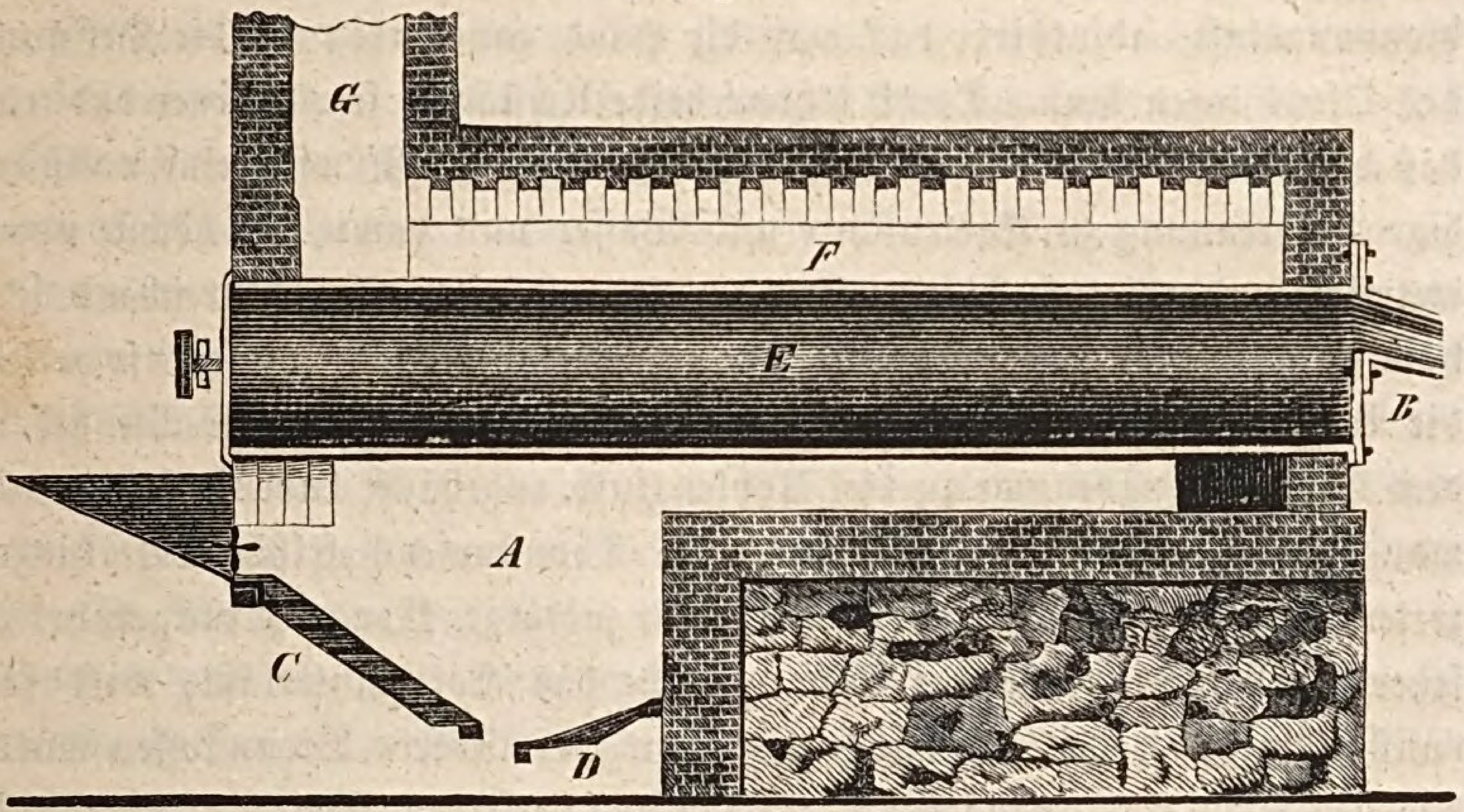
Um nun etwas specieller auf die einzelnen Theile einer solchen Zugfeuerung einzugehen, so ist der Feuerraum, von unten durch Aschenfall und

Rost, von vorn und hinten durch Feuerthüre und Feuerbrücke, von den Seiten durch die Seitenwände und von oben häufig durch ein Gewölbe, oft auch direct durch den zu erhitzenden Gegenstand eingeschlossen. Von diesen Theilen verdienen blos die zwei ersten eine größere Aufmerksamkeit. Der Rost dient als Unterlage für das Brennmaterial und gestattet dabei durch seine leeren Zwischenräume einerseits das Einströmen von Luft, andererseits das Durchfallen der Asche. Die Rostöffnungen müssen sich daher besonders bei aschenreichem Brennmaterial nach unten erweitern, damit die Aschentheile nicht den Zwischenraum verstopfen können. Die Roststäbe haben deshalb am besten den Querschnitt eines mehr oder weniger spitzen, gleichschenklichen Dreiecks, dessen Basis nach oben gekehrt ist. Sie sind meistens von Gußeisen, mit etwas breiteren Köpfen versehen, damit sie sich nicht dicht an einander schieben können und liegen auf den Rostbalken lose auf, damit bei der durch die Erhitzung stattfindenden Ausdehnung keine Verbiegung eintritt. Bei größeren Flammöfen wendet man indessen meistens Eisenstangen von quadratischem Querschnitt an, damit man, wenn die obere Fläche verbrannt ist, die Stäbe umkehren kann. Hier ist ein Verstopfen des Rostes durch die beständige Aufmerksamkeit des Heizers zu vermeiden. Man hat auch wohl, um die Oxydation der Roststäbe zu verhindern, statt derselben hohle Röhren angewendet, in welchen Wasser circulirt, welches dadurch gleichzeitig vorgewärmt wird. In Ziegeleien werden, um der Wohlfeilheit willen, häufig Chamottroste angewendet. Dieselben leiden indessen, besonders bei aschenreichem Brennmaterial, sehr durch das Abstoßen der Schlacke.

Eine eigenthümliche Modification der Roste ist in der neueren Zeit besonders für pulvrige, leicht die Roste verstopfende Brennmaterialien, für Gruß von Sand- und Sinterkohlen, sowie für Braunkohlenklein beliebt worden. Es sind dies die von Dr. Kufahl in Berlin empfohlenen und eingeführten Staffel- oder Treppenroste. Wie ihr Name andeutet, bestehen sie aus treppenförmig angeordneten, breiten Stäben, die in zwei mit Falzen versehene, schief liegende Seitenschienen eingeschoben werden. Die Luft strömt hier durch die Zwischenräume in horizontaler Richtung ein und schiebt das gewöhnlich in einer Art Trichter enthaltene Brennmaterial in dem Maaße, wie es herabfällt, von Stufe zu Stufe weiter. Wie begreiflich, kann keine Asche in den Zwischenräumen liegen bleiben; sie sammelt sich in einem Winkel an, der am untern Ende der Treppe durch einen etwas nach vorn geneigten Rost gebildet wird. Hier können die letzten kohligen Theile ausglimmen, und die Asche läßt sich dann leicht durch die gebliebene Spalte mittelst eines Räumhakens entfernen. Wie ich aus eigner Erfahrung weiß,

wird, wenn alles gut im Stande ist, und besonders ein hinreichend lebhafter Zug vorhanden ist, selbst nasse, eben geförderte Braunkohle fast ohne die mindeste Spur von Rauch zu einer nahezu weißen Asche verbrannt. Um das Nachfallen noch mehr zu reguliren, kann man am unteren Ende des Füllkastens eine Welle mit sehr kurzen Flügeln anbringen, durch deren Drehung immer ein genau abgemessenes Quantum Brennmaterial auf den Rost gebracht wird.

Fig. 7.



Treppenrost, angewendet auf eine Retortenfeuerung.
A Feuerraum. B Füllkasten. C Treppenrost. D Gewöhnlicher Rost. E Retorte.
F Fuchs. G Schornstein.

Eine besondere Einrichtung der Feuerungen, welche sowohl in Hinsicht von Brennmaterialersparung, als auch in Beziehung auf die erzeugte hohe Temperatur, zu den zweckmäßigsten der Art gezählt werden muß, möchte ich mit dem Namen der oberschlächtigen Feuerung, (analog den oberschlächtigen Wasserrädern), bezeichnen, indem das Charakteristische derselben darin besteht, daß die Luft von oben, statt von unten, durch das Brennmaterial dringt.

Es fällt hierbei natürlich Rost und Aschenfall hinweg, und eben deshalb ist diese vorzügliche Einrichtung leider nur bei Holz in ausgedehntem Maaße anwendbar. Eine solche Feuerung, wie sie z. B. bei den Porcellanöfen üblich ist, besteht aus einem viereckigen, aus feuerfesten Steinen aufgeführten Raume, der wenige Zolle über der Sohle mit einem seitlichen Abzuge für die Flamme versehen ist. Ist durch Abbrennen von Spähnen ꝛc. der Raum unterhalb dieser Oeffnung mit Kohlengluth angefüllt, so wird kleingespaltenes Holz regelmäßig von oben aufgelegt. Dasselbe ist nahe zu

in der Breite des Feuerraums geschnitten und ruht mit seinen Enden auf zwei schmalen Vorsprüngen, die sich in der Höhe der Abzugsöffnung befinden. Es etablirt sich nun sogleich ein lebhafter Zug, der von oben durch das Brennmaterial dringt, dasselbe vollständig austrocknet und die Destillationsproducte durch eine Schicht weißglühender Kohle führt, woselbst sie vollständig, ohne irgend eine Rußbildung, verbrennen.

Die strahlende Wärme des Feuers wird so vollständig durch das allmälig nach unten rückende Brennmaterial, sowie zur Erwärmung der Verbrennungsluft, absorbirt, daß man die Hand ganz ruhig auf die Oeffnung des Ofens legen kann. Durch letztere beide Umstände, sowie ferner dadurch, daß die wirklich brennende Schicht eine sehr niedrige ist, wird eine vollständige Verbrennung zu Kohlensäure und Wasser und damit der höchste pyrometrische und absolute Wärmeeffect erzielt. Ist der Zug hinreichend lebhaft, so wird man weder Kohlenoxyd- noch Rauchbildung, und ebenso wenig die Beimengung von unverbrannter Luft zu fürchten haben. Sollte sich in dem Verbrennungsraume zu viel Kohlengluth angehäuft haben, so braucht man nur unten durch Wegnehmen eines Thonstopfens frische Luft hinzutreten zu lassen, um dieselbe bald auf die nöthige Menge zurückgeführt zu sehen. Die geringe Menge Asche, welche das Holz hinterläßt, wird fast vollständig durch den Zug mit fortgerissen. Bei anderen Brennstoffen würde dagegen leicht eine unangenehme Anhäufung derselben, sowie eine überhandnehmende Schlackenbildung den Betrieb unterbrechen.

Der Treppenrost und die zuletzt erwähnte oberschlächtige Feuerung sind entschieden die wirksamsten Mittel zur Verhütung des so überaus lästigen Rauches, dessen vollständige Beseitigung in allen vorkommenden Fällen noch heut zu Tage ein frommer Wunsch ist. Nicht allein, daß durch denselben eine Menge Brennstoff nutzlos verloren geht, daß die Züge verstopft, die Heizflächen mit einem sehr schlechten Wärmeleiter, dem Ruße, überzogen werden, so verfinstert er auch in den Centren der Industrie, wo Hunderte von Schornsteinen ihn ununterbrochen ausströmen lassen, im wahren Sinne des Worts die Luft, macht sie ungesund und unangenehm und läßt endlich die Erzeugung heller Farben oder reiner Wäsche fast zur Unmöglichkeit werden. Diese Uebelstände sind z. B. in England so auffallend, daß nicht allein unzählige Patente für Rauchverzehrung genommen sind, sondern daß auch das englische Parlament sich bewogen gefunden hat, durch eine besondere Parlamentsacte den Schornsteinen das Rauchen zu verbieten. Es ist dieses Gesetz im Jahre 1854 in Wirksamkeit getreten, wird aber voraussichtlich wenig Erfolg erzielen. Sollten selbst die Fabriken und Dampfschiffe in London dem

Rauchen gänzlich entsagen, so wird trotzdem der berüchtigte Londoner Nebel fortbestehen, so lange nämlich $2\frac{1}{2}$ Million Menschen am Kaminfeuer kochen und sich wärmen.

Ernsthaft gesprochen, so erscheint das Problem der Rauchverzehrung durch diese Parlamentsacte noch keineswegs gelöst. Betrachten wir einmal wie der Rauch entsteht, und beobachten wir zu diesem Zwecke irgend einen beliebigen Dampfkesselschornstein, so werden wir stets bemerken, daß wenige Augenblicke nach dem Aufwerfen des Brennmaterials die Rauchentwickelung am stärksten ist, während sich in den Zwischenperioden nur eine fast unmerkliche Gassäule erhebt. Diese Erscheinung erklärt sich leicht wie folgt: Die kalten, oft nassen Brennmaterialien gerathen durch die Gluth der unten-liegenden Coaks in eine trockene Destillation; dadurch wird sehr viel Wärme latent, und die Temperatur sinkt sehr beträchtlich. Die Folge davon ist, daß von den gas- und theerförmigen Destillationsproducten, die meist sehr kohlenstoffreiche Kohlenwasserstoffe sind, nur der Wasserstoff verbrennt, der Kohlenstoff dagegen in feinvertheiltem Zustande ausgeschieden wird. Allmälig belebt sich das Feuer wieder, die Entwickelung der Kohlenwasserstoffe läßt nach, die Temperatur steigt zur Weißgluth, und der Rauch verschwindet. Was sind nun die Mittel der Abhülfe. Ganz irrig ist es, anzunehmen, daß Mangel an Sauerstoff der Grund sei, daß man demnach durch Einführen von kalter oder erhitzter Luft, durch Oeffnungen in der Feuerbrücke oder im Gewölbe, dem Uebel abhelfen könne. Wird ja doch durch diese übermäßige Luftzuführung die Temperatur noch mehr herabgedrückt, und ist es doch erfahrungsmäßig festgestellt, daß bei den meisten Feuerungen nur ungefähr 50% des Luftsauerstoffs wirklich verbrannt werden. Besser ist es schon, wenn man das Gewölbe über der Feuerung möglichst niedrig hält und der Oeffnung zum Entweichen der Flamme einen nicht allzu großen Querschnitt giebt, wo dann das weißglühende Gewölbe seine aufgespeicherte Wärme zur Erhitzung der Destillationsproducte hergeben kann.

Analog ist die sehr gerühmte Einrichtung von Fairbairn. Derselbe legt zwei Feuerungen neben einander, deren Flammen in einer gemeinsamen Mengkammer unter einem spitzen Winkel gegeneinander treffen und erst beim Austreten aus derselben zur Verwendung kommen. Während der eine Rost beschickt wird, befindet sich der andere in voller Gluth und läßt durch seine Rostöffnungen die Luft frei einströmen. Gelangt diese heiße, reine Flamme nun in die Mengkammer, so trifft sie daselbst mit den Destillationsproducten der anderen Feuerung zusammen und kann denselben so viel Wärme abgeben, daß auch sie an der vollständigen Verbrennung Theil nehmen.

Wie uns Treppenrost und oberschlächtige Feuerung bewiesen haben, kommt zur vollständigen Lösung der vorliegenden Aufgabe Alles darauf an, das Brennmaterial regelmäßig sich anwärmen zu lassen, so daß durch seine Zuführung nie die Temperatur im Feuerraum unter lebhafte Rothglühhitze sinkt. Sehr viel kann in dieser Beziehung ein sorgsamer Heizer bewirken, indem er den Rost in kleinen Intervallen mit nicht zu großen Mengen Brennmaterial speist. Sehr zweckmäßig sind in dieser Beziehung etwas nach hinten geneigte Roste, auf welchen er die frische Kohle nur vorn anlegt, damit die langsam sich entwickelnden Destillationsproducte über eine große Fläche glühender Coaks wegstreichen müssen, ehe sie in den Heizraum entweichen.

Man hat mit Erfolg gestrebt, sich von der Aufmerksamkeit des Schürers zu emancipiren und dieses allmälige Anwärmen des Brennmaterials durch mechanische Mittel zu erreichen. Man wendet zu diesem Ende z. B. einen horizontal liegenden, kreisförmigen Rost an, der sich in seinem Mittelpunkte auf einer verticalen Axe dreht. Diese Rostscheibe tritt mit etwa $^1/_3$ ihres Umfangs durch eine Spalte seitlich in die Feuerung ein, wird außerhalb gleichförmig mit Brennmaterial beschickt und bringt dasselbe durch ihre Drehung allmälig in den Feuerraum. Der mit Aschenresten beladene und dadurch verstopfte Rost wird dem Heizer zur bequemen Reinigung außerhalb des Ofens dargeboten. Denselben Effect kann man auch durch einen Rost erzielen, der einer von zwei Walzen getragenen Kette ohne Ende gleicht. Indem eine der Walzen langsam gedreht wird, rückt der mit Kohlen beladene Rost von vorn in den Feuerraum ein, und die Aschenreste werden nach hinten fortgeführt. Diese Apparate so vollständig sie auch ihren Zweck erfüllen, erfordern dagegen eine nicht unbedeutende bewegende Kraft und sind andererseits wegen der hohen Temperatur, der sie ausgesetzt sind, nur schwierig in gangbarem Zustande zu erhalten.

Der Aschenfall muß hinreichend groß sein, um alle Asche aufzunehmen. Man legt ihn bei Feuerungen, wo starker Zug erforderlich ist, meistens so an, daß er außerhalb des Gebäudes und nach der hauptsächlichsten Windrichtung zu, ganz offen zu liegen kommt. Sehr gut ist es, wenn die durchfallenden glühenden Theilchen gleich in Wasser fallen, indem der entstehende Wasserdampf die Roststäbe kühl erhält und eine längere Flamme bildet.

Der Heizraum dient bei unseren Stubenfeuerungen meistentheils zur Aufnahme der Wärme und Ausstrahlung derselben durch seine Wände. Bei den technischen Feuerungen dient er zur Aufnahme der zu erhitzenden Substanzen. Die Flamme oder die erhitzte Luft darf ihn nicht eher verlassen, als bis sie so weit abgekühlt ist, daß sie noch gerade Steigkraft genug in der Esse behält. Dies wird erreicht, indem man den Weg, den die Luft zu

nehmen hat, entweder verlängert, wie durch die Züge in den Stubenöfen, oder verbreitert, wie dies z. B. durch die Röhrendampfkessel geschieht. Am zweckmäßigsten wird die Hitze verwendet, wenn man die zu erwärmenden Substanzen den entgegengesetzten Weg gehen läßt wie die Flamme, die von dem Feuerraum entfernteren Theile zum Vorwärmen benutzt und die so vorgewärmten Substanzen alsdann nach vorn schafft, wo sie der höchsten Temperatur ausgesetzt, geschmolzen oder sonst fertig gemacht werden.

Die einzelnen Theile einer Feuerung mit natürlichem Luftzuge kann man am systematischsten an einem Sodaflammofen demonstriren. S. Fig. 8a senkrechter, Fig. 8b hor. Querschnitt. Dieselben Buchstaben bedeuten dieselben Theile.

Fig. 8a.

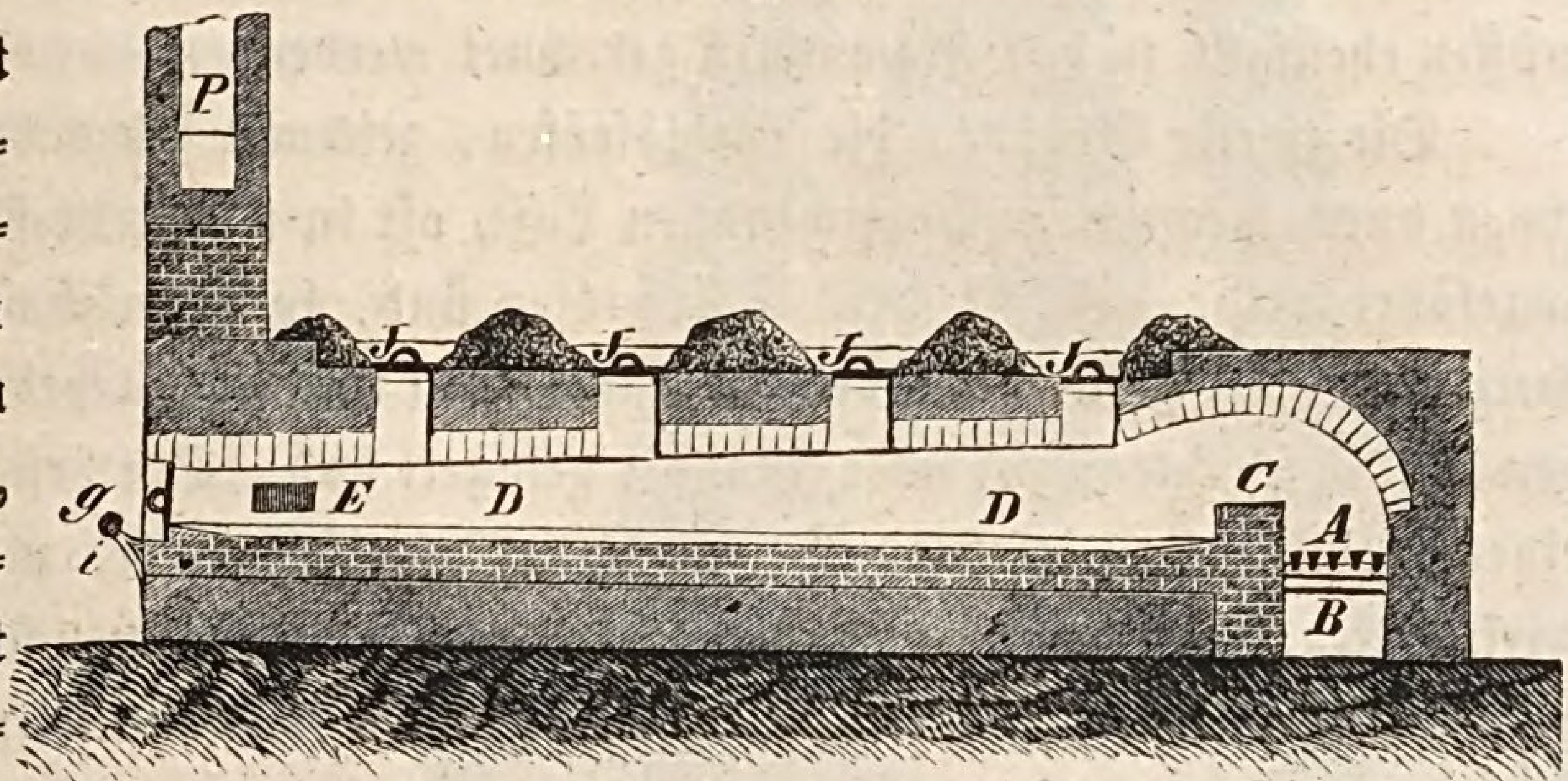
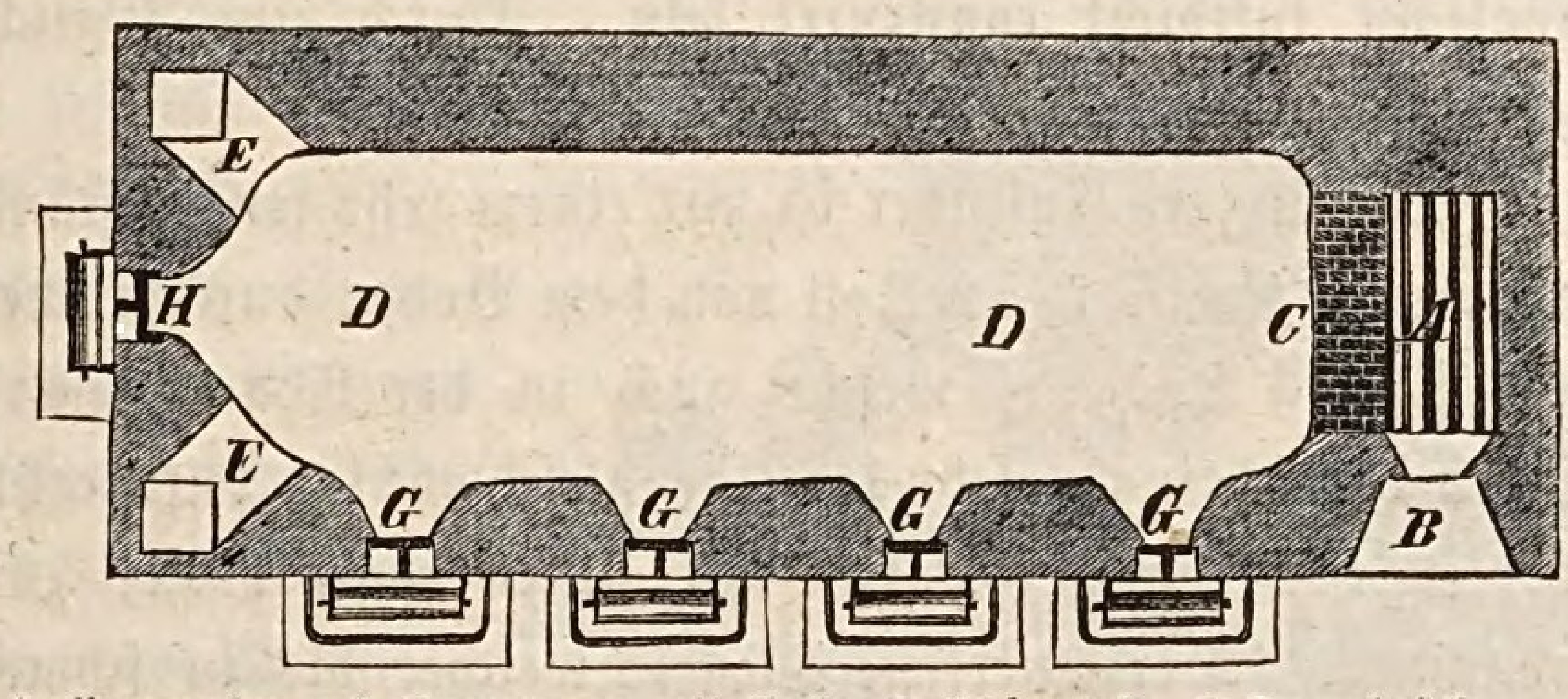


Fig. 8b.



Sodaflammofen. A Feuerraum mit Rost, B Aschenfall, C Feuerbrücke, B′ Schüröffnung, D D Arbeitsraum, E Füchse, P Schieber im Schornsteine, G Arbeitsthüren, i. Rollen, J. Eintragöffnungen.

Der Feuerraum A, mit dem aus quadratischen Stäben gebildetem Roste, dem Aschenfall B, u. der Schüröffnung B′, ist durch die Feuermauer C von dem Heizraume D D getrennt. Die Sohle desselben ist ein längliches Rechteck, mit abgerundeten Ecken und mit einem flachen Gewölbe überspannt. An ihm zur Seite befinden sich die Arbeitsthüren G mit einer Rolle zum Auflegen der Haken, Krücken und sonstiger Schürstangen. Ebenso bei H unmittelbar unter dem Schornsteine, der durch einen Schieber P theilweise oder auch ganz geschlossen werden kann, und in den die Flamme durch zwei Füchse E entweicht.

Die Rolle zum Auflegen ist durch i dargestellt. Statt auf einer solchen Rolle die Stangen aufzulegen, kann man sie auch in Ketten aufhängen.

Der Heizraum D muß aus besonders feuerfesten Steinen construirt werden. Die Sohle desselben ruht zum leichteren Abziehen der Feuchtigkeit auf einer Lage Schutt, und auch das Gewölbe ist zum Zusammenhalten der Wärme mit einer gleichen Lage bedeckt, wenn man es nicht vorziehen sollte, wie es in der Zeichnung angegeben, die Beschickung durch Löcher in der Decke hineinzubringen. Die benutzte Flamme kann noch in einem zweiten, darüber liegenden Gewölbe zum Vorwärmen angewendet werden. Auch kann man die Verbrennungsproducte, wenn sie staubförmige Theile von gerösteten Mineralien ꝛc. mit sich gerissen haben sollten, durch weite Kammern leiten, in welchen sich dieser oft werthvolle Staub absetzt.

Die Glas-, Ziegel- und Porcellanöfen, obwohl etwas anders construirt, müssen ebenfalls zu den Flammöfen gerechnet werden.

Die zweite Gruppe, die Gebläseöfen, zeichnen sich dadurch aus, daß ihnen durch mechanische Vorrichtungen Luft, oft in sehr gepreßtem Zustande, zugeführt wird. Da sie meist Schachtöfen sind, so ist in ihnen Feuer- und Heizraum nicht getrennt, indem Brennmaterial und zu bearbeitende Substanz gewöhnlich schichtenweise über einander gelagert sind. Der beste Repräsentant eines Gebläseofens im Kleinen ist der Seffström'sche Ofen, zugleich eine der wirksamsten Vorrichtungen, um hohe Temperaturen zu erzeugen. Er besteht aus zwei concentrischen, unten geschlossenen Cylindern aus Eisenblech, welche oben durch einen Ring, unten durch eine runde Platte verbunden sind. Der hierdurch entstehende Zwischenraum dient als Luftreservoir und muß daher möglichst luftdicht construirt sein. Durch eine seitliche Röhre wird ihm immer neue Luft von dem Gebläse zugeführt.

Der innere Cylinder ist mit einem sehr feuerbeständigen Thone ausgeschlagen. Er ist 1—2 Zoll von dem Boden durchbrochen durch einen Kreis von 8—10 Löchern, welche auch in der Chamottemasse ausgespart sind. Durch diese dringen sehr kräftige, gleichmäßige Luftstrahlen und bringen die Kohlen oder besser Coaks, mit denen man heizt, zur lebhaftesten Verbrennung. Der feuerfeste Tiegel, welcher die zu schmelzenden Substanzen enthält, wird gewöhnlich auf eine Unterlage gestellt, so daß sein Fuß gerade in das Centrum der heftigsten Verbrennung zu stehen kommt. Die Hitze steigert sich bei längerem Blasen noch bedeutend dadurch, daß die Luft im Reservoir sich durch die strahlende Hitze der Ofenwände stark erwärmt; (s. u. über die Anwendung der heißen Luft.) Die Kohlen verbrennen so rasch, daß man immer Sorge tragen muß, neue, ungefähr von Nußgröße, nachzutragen. Man erhält aber auch eine Temperatur, bei der selbst Platinabschnitzel zum Aneinanderhaften kommen.

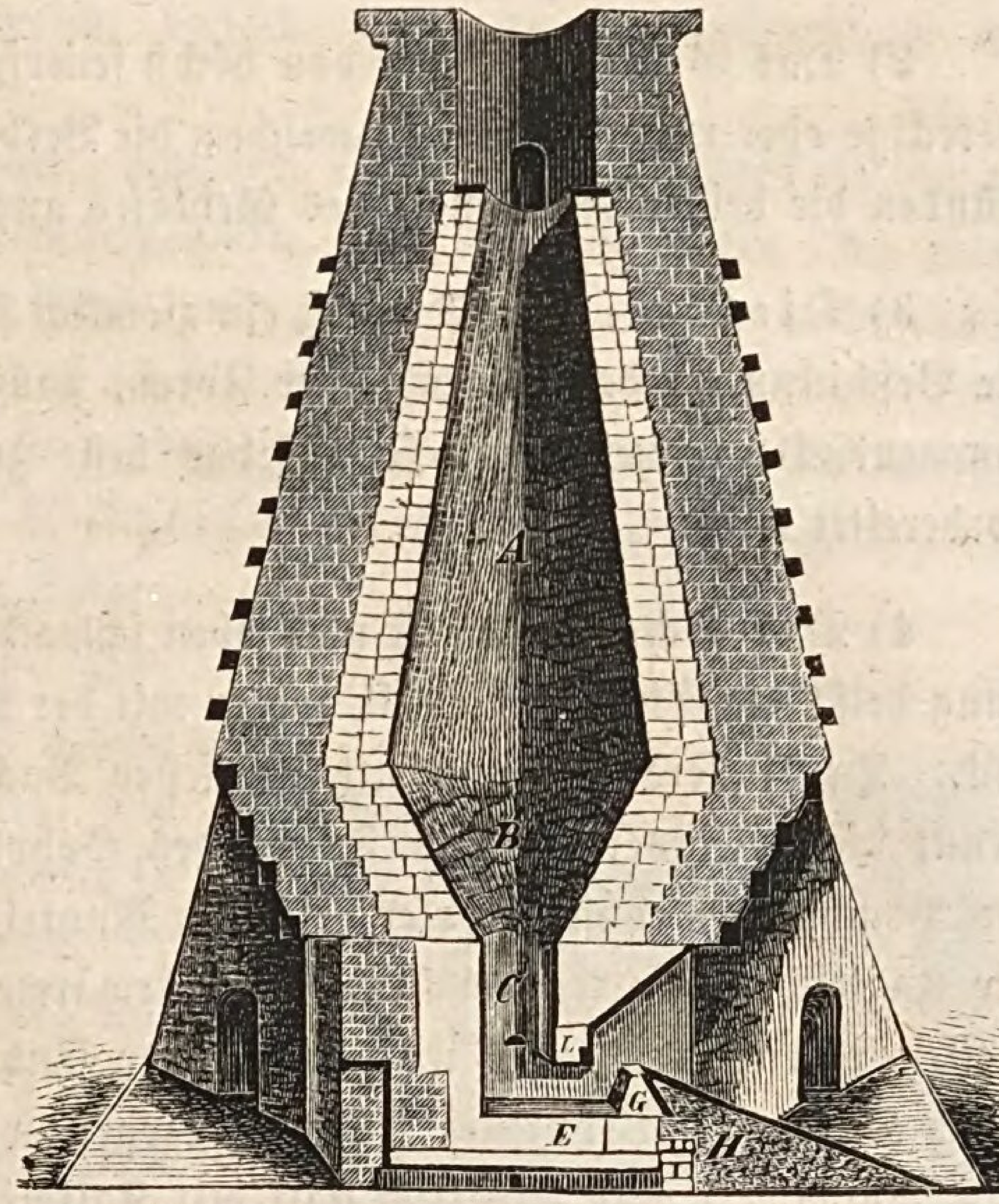
Im größeren Maaßstabe dient als Repräsentant der Gebläseöfen der Eisenhohofen, dessen Zeichnung Figur 9 a im senkrechten Durchschnitt darstellt. Figur 9 b stellt den wagrechten Querschnitt in der Höhe der Gebläseöffnungen vor.

Der Eisenhohofen ist der Idee nach ein Cylinder, in welchem abwechselnde Lagen von Kohlen und Erzen übereinander geschichtet sind, und an dessen unterm Ende durch Einblasen der Gebläseluft eine lebhafte Verbrennung stattfindet. Die gasförmigen Producte derselben passiren die ganze Beschickung des Cylinders, verändern sie dadurch auf mannigfache Weise und entweichen endlich am oberen Ende, der Gicht. Die reducirten und geschmolzenen Massen fallen in Tropfen herunter, sammeln sich in dem sogenannten Heerde an und werden aus demselben durch eine seitliche Oeffnung herausgelassen. Die Beschickung sinkt hierdurch sowie durch das Verbrennen der Kohlen nach, und es müssen daher, so lange der Betrieb dauert, oben immer neue Schichten von Kohlen und Erzen aufgegeben werden.

In der Wirklichkeit unterscheidet man im Schachtofen folgende Theile:

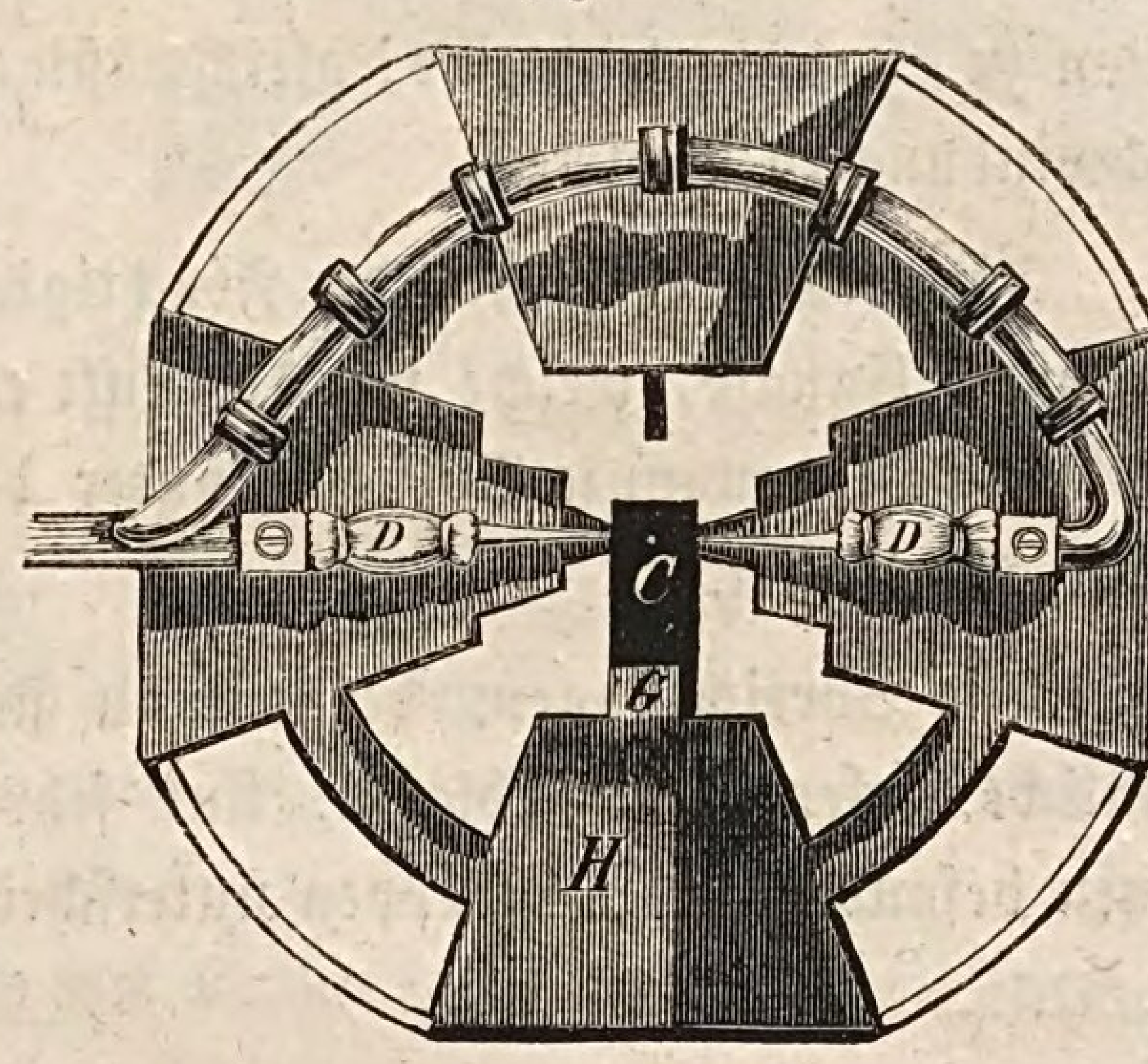
1) Der **Heerd**, E, der zum Ansammeln der geschmolzenen Massen dient und durch den Wallstein G von vorn geschlossen

Fig. 9 a.



Eisenhohofen, senkrechter Durchschnitt.

Fig. 9 b.



Eisenhohofen, wagerechter Durchschnitt in der Höhe der Formen.

A Schacht, B Rast, C Gestell, D D Formen, E Heerd, G Wallstein, H Schlackentrift, J Stichloch, L Tümpelstein.

wird. An der Seite des letzteren befindet sich das Stichloch J. Der Bodenstein E, der auf einer starken Eisenschiene ruhende Tümpelstein G und die Schlackentrift H, die zum Abziehen der Schlacken dient, sind außerdem noch zu erwähnen.

2) Das Gestell, C, der von höchst feuerfesten Steinen eingeschlossene, viereckige oder runde Raum, in welchem die Verbrennung vor sich geht. Hier münden die beiden Formen D des Gebläses aus *).

3) Die Rast, B. Dies ist ein ziemlich stumpfer Conus, in welchem die Beschickung, eben wegen seiner Form, ganz allmälig nach unten zu zusammenrückt, reducirt und so auf das beste zur eigentlichen Schmelzung vorbereitet wird.

4) Der Schacht, A, ist nach oben schwach conisch. Seine obere Mündung heißt die Gicht, der Theil, wo er mit der Rast zusammenstößt, Kohlensack. Der innere Raum ist mit feuerfesten Backsteinen ausgesetzt, und man nennt dieses Mauerwerk das Futter des Hohofens. Der äußere Theil ist aus Bruchsteinen construirt; er heißt der Mantel, und ist, um Sprünge durch die ungleichmäßige Ausdehnung beim Erwärmen zu vermeiden, mit dicken Reifen von Eisenschienen umgeben, deren Enden in einander greifen und durch Keile nach Bedürfniß fester angezogen werden können. Alles feuerfeste Mauerwerk muß natürlich statt mit Kalkmörtel, der als Flußmittel für den Thon dienen würde, mit Schlicker von feuerfestem Thon verbunden werden. Man setzt diesem Schlicker auch wohl noch Pulver von gebranntem Thon zu, um ein leichteres, gleichmäßigeres Austrocknen und eine geringere Schwindung zu bewirken.

Für leichtes Abziehen der Feuchtigkeit aus dem Mauerwerk muß natürlich durch Canäle, welche mit der Luft communiciren, gesorgt sein. Man sieht solche sogenannte Abzüchte unter dem Bodenstein durch eine schwarze Linie angedeutet.

Die Vorrichtungen, deren man sich bedient, um Luft in diesen und ähnliche Oefen hineinzublasen, sind sehr mannigfaltig. Man kann unter ihnen besonders zwei Gruppen unterscheiden:

---

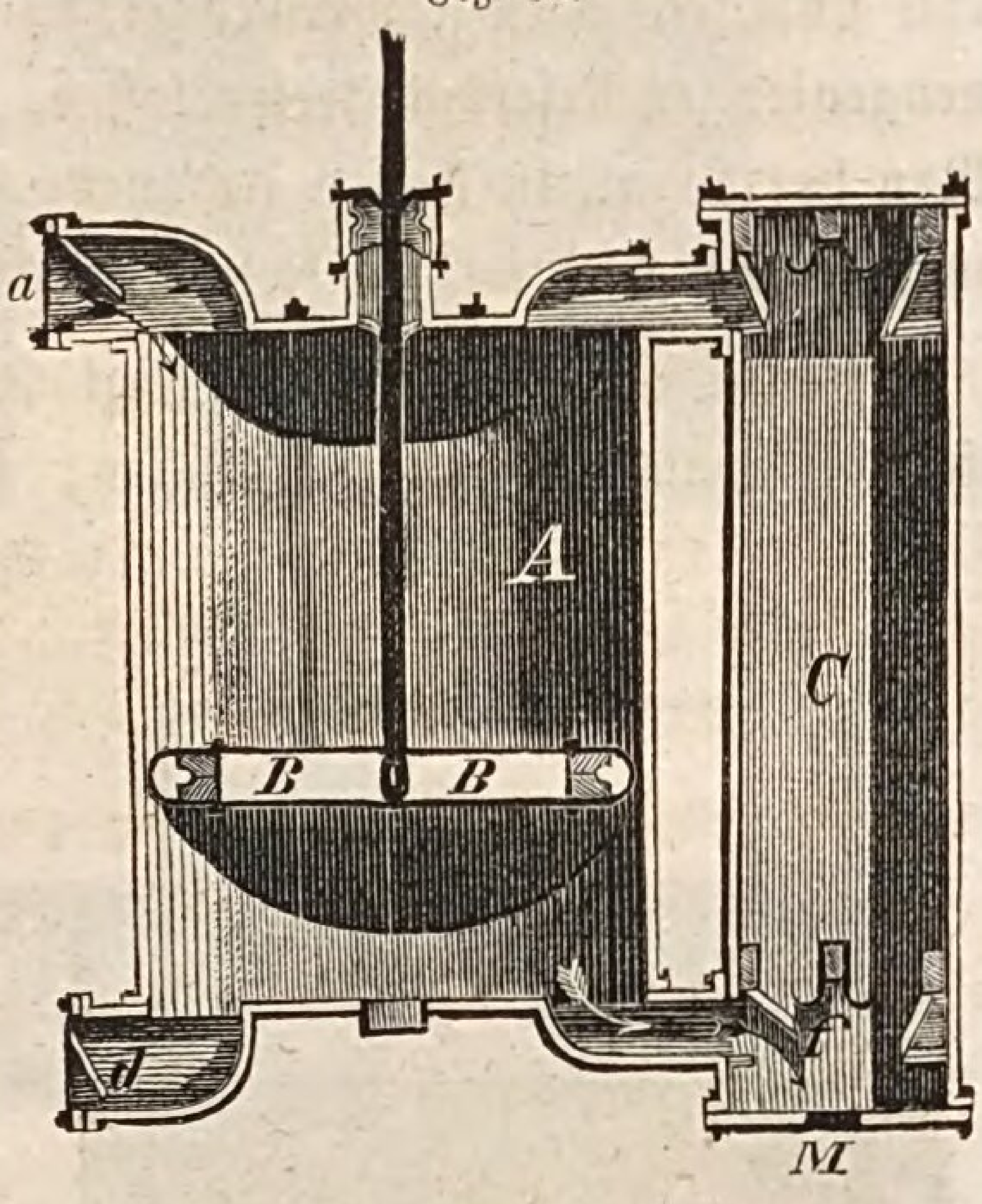
*) In Schottland sind Oefen mit 6 Fuß weitem und 5 Fuß hohem kreisrundem Gestelle üblich. Sie dienen zum Schmelzen des Kohleneisensteins mit rohen Steinkohlen und werden durch eine große Anzahl, (bis zu 9,) Formen mit erhitztem Winde gespeist.

a) Gebläsevorrichtungen, welche die Bewegung der Luft, durch Absperren eines bestimmten Volumens und mechanischen Druck darauf hervorbringen.

b) Ventilatoren, welche dasselbe durch die Centrifugalkraft erreichen.

Die Gebläsevorrichtungen, von dem einfachen Küchenblasbalg bis zu dem doppelt wirkendem Cylindergebläse, den Wassergebläsen, der Cagniardelle ꝛc. sind so mannigfaltig und gehören so sehr dem mechanischen Theile der Technologie an, daß ich hier blos die ausgebildetste, wirksamste und gebräuchlichste derartige Vorrichtung, das doppelt wirkende Cylindergebläse erwähnen will. Es sei A, Figur 10, ein gut ausgebohrter, gußeiserner Cylinder, in welchem sich der Kolben B luftdicht auf und ab bewegt. Dieser Cylinder ist durch zwei aufgeschraubte Endplatten geschlossen. Die untere hat außer einer Vertiefung in der Mitte, in welche das Ende der Kolbenstange hineinpaßt, zwei Ansätze, in welchen sich Ventile*) befinden, von denen sich d nach innen und f nach dem Sammelbehälter C öffnet, Letzteres schlägt beim Aufgehen an eine kleine Feder an, welche es immer wieder zum Zurückfallen zwingt. Der obere Deckel ist ganz ähnlich construirt, nur daß er in der Mitte eine Stopfbüchse hat, durch welche die Kolbenstange luftdicht hindurchgeht. Wird nun der Kolben von oben nach unten bewegt, so dringt durch das Ventil a Luft ein, während Ventil b sich natürlich schließt. Zugleich wird die Luft unter dem Kolben verdichtet, sie schließt das Ventil d, öffnet das Ventil f und strömt in den Windkasten C aus. Bei Umsetzung des Kolbenspiels dringt Luft durch d

Fig. 10.



Doppeltwirkendes Cylindergebläse.
A. Cylinder. B. Kolben. a, d Ventile, die sich nach innen. b, f Ventile, die sich nach außen öffnen. C. Windkasten. M. Oeffnung für das Windrohr.

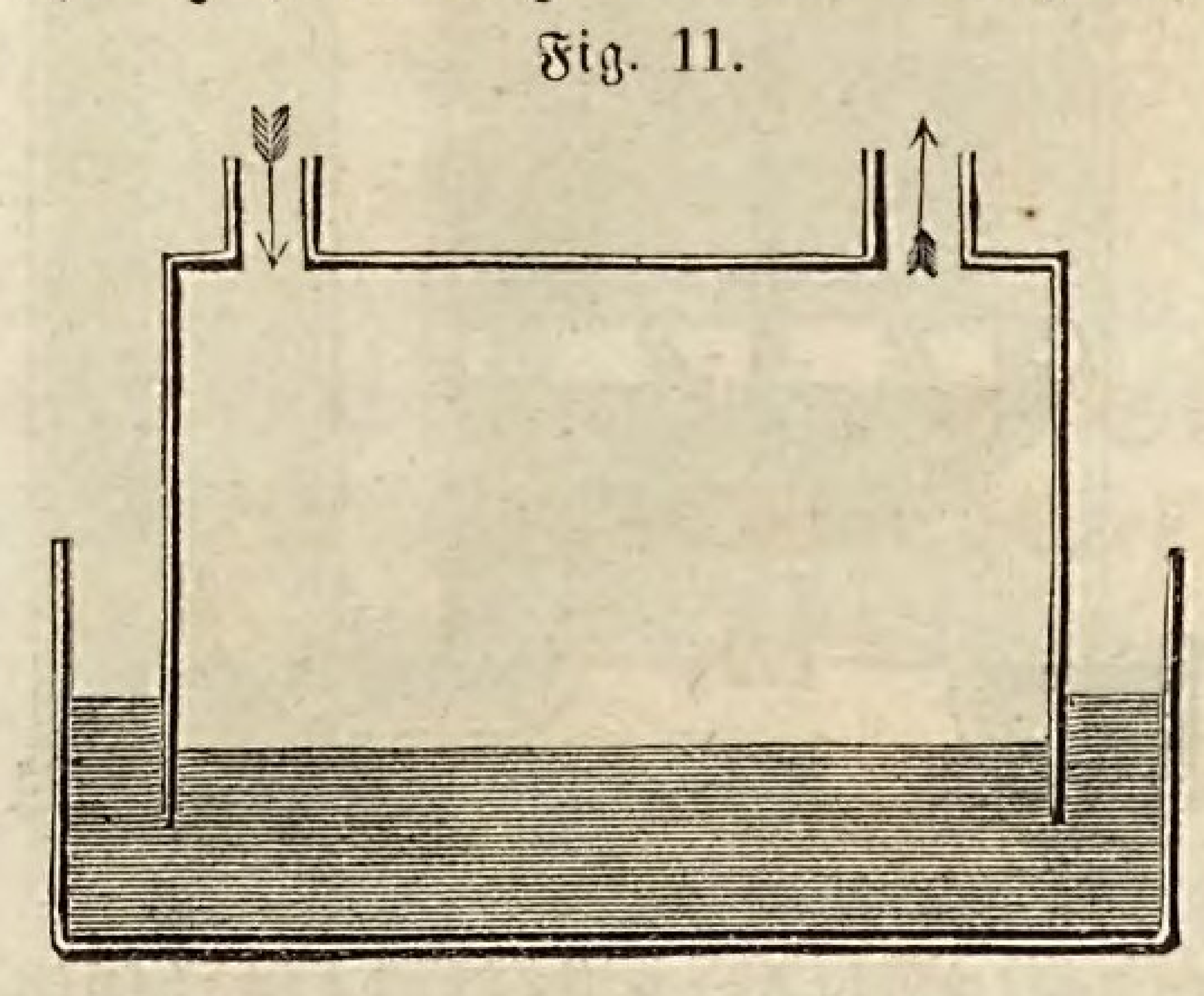
*) Die Einströmungsventile d und d′ sind ziemlich weit, damit die Luft ohne Reibung eindringen kann, und vor ihnen befindet sich gewöhnlich ein Metallnetz, damit keine fremden Körper, Strohhalme ꝛc. in den Cylinder gezogen werden.

ein, und durch das Ventil f′ wird die Luft oberhalb des Kolbens in den Windkasten C getrieben.

Der Kolben erlangt seine größte Geschwindigkeit, wenn er sich in der Mitte des Cylinders befindet; der Druck auf die Luft ist daher hier der beträchtlichste. Dagegen ist derselbe absolut gleich Null in dem Moment der Umsetzung des Kolbenspiels. Um diese Unregelmäßigkeiten im Luftstrome zu vermeiden, münden gewöhnlich 2 — 3 Cylinder in einen und denselben Sammelbehälter, (wie dies aus der Figur andeutungsweise zu sehen ist), deren Kolben nicht gleichzeitig die Mitte ihres Wegs passiren. Aus diesem Windkasten strömt die Luft durch ein Rohr ab, welches bei M angefügt ist. Statt dieses Auskunftsmittels kann man auch die durch das Gebläse gelieferte Luft, ehe man sie verwendet, in ein sehr großes, aus Eisenblech zusammengenietetes Reservoir treten lassen, aus dem sie nach der Feuerung strömt. Man hat sogar in Felsen gehauene und ausgemauerte colossale Reservoire angewendet, doch sind diese selten luftdicht.

Einen Wasserregulator zeigt Figur 11. Ein von Eisenblech luftdicht zusammengenieteter Kasten, der einen vielmal größeren Rauminhalt, als der Blasecylinder hat, steht in einem etwas größeren Behälter, der bis zur Hälfte ungefähr mit Wasser angefüllt ist. Durch das eine Rohr C strömt die Luft ein und drückt das Wasser im äußern Ringe in die Höhe. Läßt nun der Druck vom Cylinder her nach, so ist in der gehobenen Wassersäule eine Kraft aufgespeichert, welche die Luft unter fast gleichem Druck durch das andere Rohr D nach dem Orte der Verbrennung treibt. Man vermeidet diese Wasserregulatoren trotz ihrer ziemlich regelmäßigen Wirkung bei Eisenhohöfen gern, indem sie die Luft zu sehr mit Feuchtigkeit sättigen, was den pyrometrischenn Effect nur benachtheiligen kann. Als Abhülfe gegen letzteren Uebelstand hat man das Bedecken des Wassers mit einer Oelschicht vorgeschlagen.

Fig. 11.



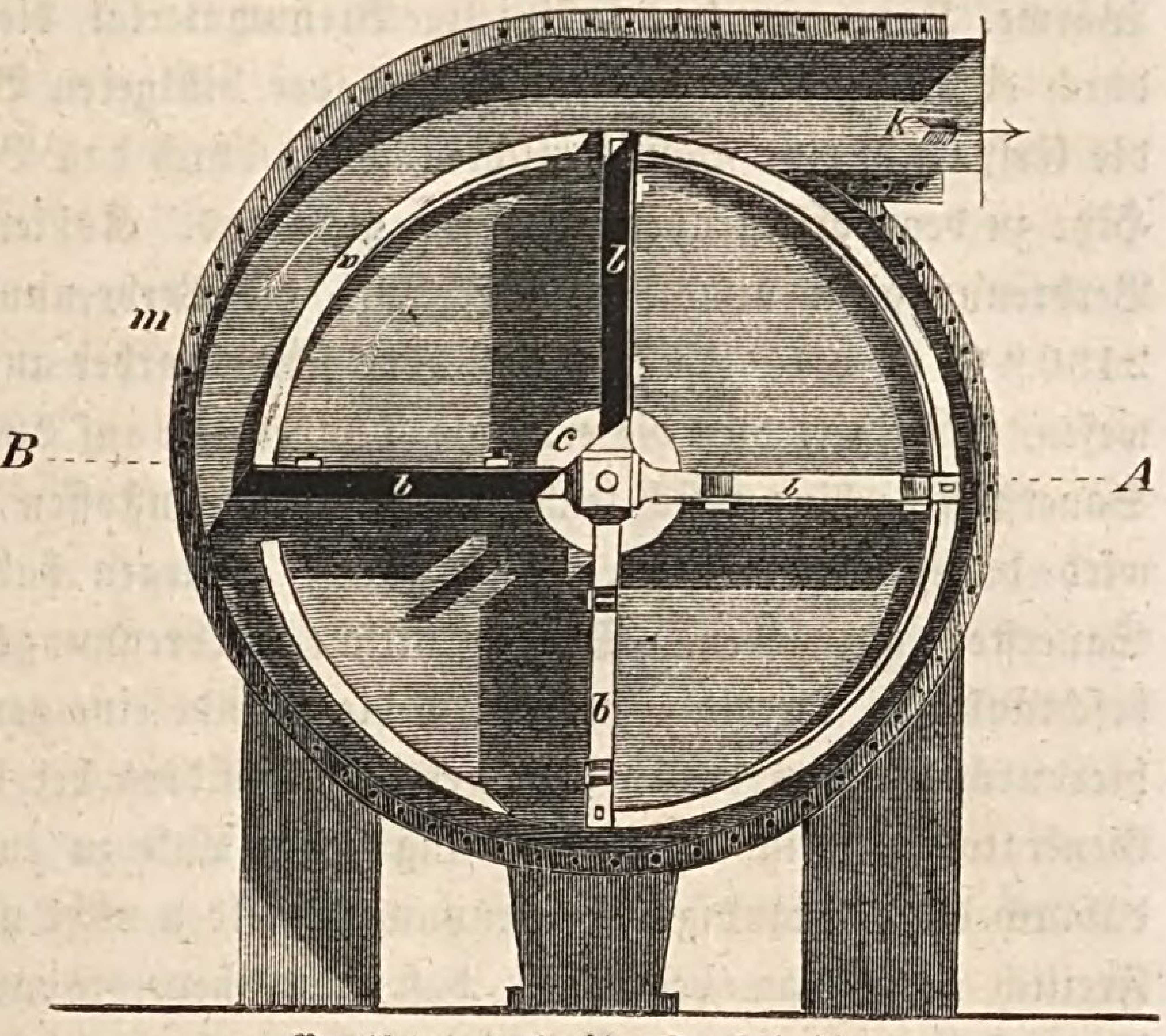
Wasserregulator.

Die Ventilatoren beruhen auf der Erscheinung, daß ein Körper, der rasch im Kreise herumgeschwungen wird, das Bestreben hat, sich in der Richtung der Tangente zu entfernen und zwar mit um so größerer Kraft, je rascher die Umdrehung geschieht.

Die Figuren 12a und b stellen einen der einfachsten Ventilatoren im senkrechten und wagerechten Durchschnitt dar.

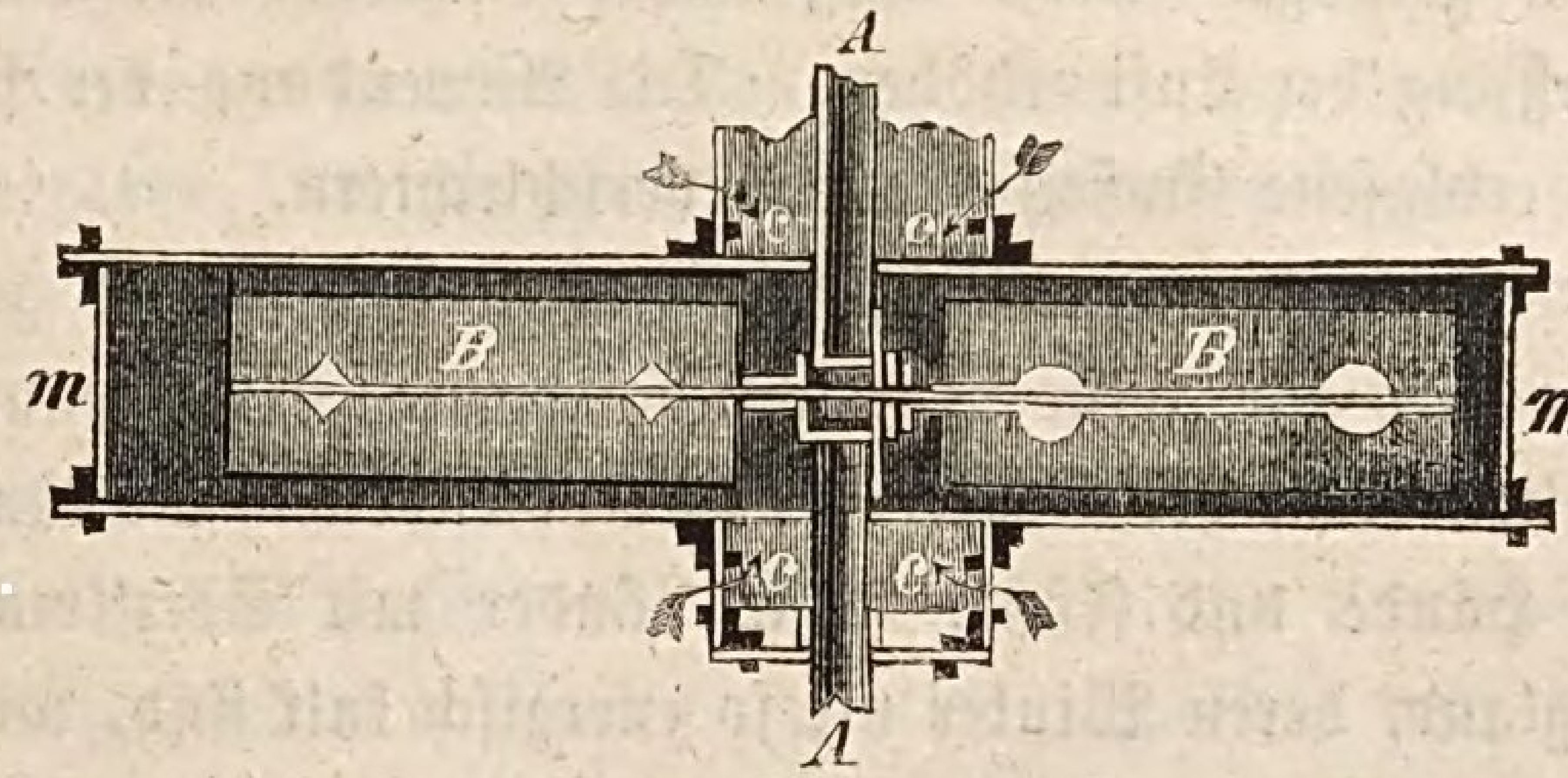
Ein aus Eisenblechplatten zusammengenietetes, scheibenförmiges Gehäuse m ist im Centrum bei c auf beiden Seiten durchbrochen, jedoch so, daß noch zwei Achsenlager bleiben. In denselben dreht sich eine Achse A mit 4 — 8 Flügeln B sehr rasch um, wobei die letzeren ziemlich nahe an den inneren Wänden des Gehäuses hinstreifen. Sie sind der größeren Festigkeit wegen durch den eisernen Reifen n zusammen gehalten. In Folge der sehr raschen Drehung strebt die Luft nach der Tangente hin zu entweichen. Sie kann dies nur durch das Rohr k, welches direct nach der Düse führt. Durch die Oeffnungen c dringt immer frische Luft nach.

Fig. 12a.



Ventilator, senkrechter Durchschnitt.

Fig. 12b.



Ventilator, horizontaler Durchschnitt durch Linie A B, Fig. 12a. A Achse, B Flügel, c centrale Oeffnung, zum Einströmen der Luft, n Reifen zur Verbindung der Flügel unter einander, k Rohr, das die Luft abführt.

In der neueren Zeit wird fast alle Luft, die zum Anblasen der Oefen dient, vorher auf 300° — 400° C. erhitzt. Es geschieht dies, indem man sie durch eiserne Röhren leitet, welche durch irgend eine sonst verloren gehende Flamme, so die Gichtflamme, oder auch durch eine besondere Feuerung mit werthloserem Brennmaterial, wie Torf ꝛc. zum Rothglühen erhitzt werden. Man erreicht hierdurch eine Ersparniß an Brennmaterial und eine

bedeutende Steigerung der Temperatur, also einen höheren absoluten und pyrometrischen Wärmeeffect. Strömt kalte Luft ein, so absorbirt diese zu ihrer Erwärmung bis auf obige Temperatur eine ziemliche Menge der erzeugten Wärme. Kann man das kostspielige Brennmaterial, die Holzkohlen ꝛc. ersetzen durch einen sonst verloren gehenden oder billigeren Brennstoff, so leuchtet die Ersparniß ein. Häufig reicht auch die durch das Brennmaterial erzeugte Hitze zu den vorliegenden Processen nicht aus. Kohlenstoff erhitzt bei seiner Verbrennung in atmosphärischer Luft die Verbrennungsproducte bis auf 2460 ° C. (s. o.) Ist die Luft aber schon vorher auf 400 ° C. erhitzt gewesen, so steigert dies die erlangte Temperatur auf 2860 ° C. Der erhitzte Sauerstoff verbindet sich leichter mit den Brennstoffen, und die erhitzte Luft wird daher einen kürzeren Weg zurück zu legen haben, um allen ihren Sauerstoff abzugeben. Der eigentliche Verbrennungsraum wird daher ein beschränkterer, die Ableitung durch die Wände eine geringere und also auch hierdurch die Temperatur gesteigert. Besonders bei den schwach heizenden Generatorgasen ist die Anwendung heißer Luft zu empfehlen. Auch wird dadurch die vollständige Verbrennung derselben nicht unwesentlich gefördert. Freilich muß man bedenken, daß je heißer, je ausgedehnter die Luft ist, desto weniger dem Gewichte nach in einem gleichen Volumen in den Ofen gelangt. Man muß daher entweder die Düsen erweitern oder die Pressung der Luft erhöhen. Die Anwendung der heißen Luft soll das damit erblasene Gußeisen etwas verschlechtern.

Die Zimmerheizung. In den südlich gelegenen Ländern kennt man fast gar keine Vorrichtung dazu. In Spanien, Griechenland und Italien dient der Brazero, das Kohlenbecken zur kümmerlichen Erwärmung der Hände und Füße. Die Länder mit Seeclima, wie Frankreich und England, deren Winter nie so energisch kalt sind, wie die der mehr östlichen Länder unter demselben Breitengrade, bedienen sich fast durchgängig der Kaminheizung. Ein solches Kamin ist nichts anderes, als eine offene Feuerstätte an der Wand des Zimmers, welche sich oberhalb in eine Esse verengt. Die erzeugte Flamme entweicht daher unmittelbar aus dem Zimmer, und die erwärmende Kraft des Kamins beschränkt sich auf den geringen Antheil strahlender Wärme, welcher nach Möglichkeit durch die reflectorartig gestaltete Kaminbekleidung in das Zimmer zurück geworfen wird. Wenn auch nun nicht zu leugnen ist, daß durch die Kamine eine sehr angenehme Lufterneuerung im Zimmer hervorgerufen wird, daß das Sehen des Feuers etwas höchst Behagliches, zum Nachdenken und Träumen Einladendes hat, so gelangt man dafür durch ein Kaminfeuer selten zu einer angenehmen,

gleichmäßigen Temperatur im Zimmer, und, während man von vorn röstet, kann der Rücken erstarren. Steht doch vor dem Kamin immer der Armsessel, damit der Rückentheil des Körpers durch diesen warm gehalten werde. Trotz mannigfaltiger Verbesserungen, die man versucht hat, bleibt das Kaminfeuer doch immer eine großartige Verschwendung des Brennmaterials, welche sich nur Länder erlauben dürfen, die ein so mildes Klima, wie Frankreich, oder einen so unerschöpflichen Schatz an Brennmaterial, wie England haben. Im ganzen Norden ist man dagegen auf die gründliche Erwärmung der Zimmer während des Winters hingewiesen und bedient sich dazu der mannigfachst gestalteten Oefen. In diesen kann man einen Feuerraum und einen Heizraum unterscheiden, nur daß hier der zu erwärmende Körper, die Zimmerluft, sich nicht im Innern, sondern außerhalb des Heizraumes befindet. Im Feuerraum wird durch die Verbrennung Wärme erzeugt, welche durch die damit beladenen Verbrennungsproducte auf die Wände des meistens sehr großen Heizraumes übertragen wird, die sie wiederum an die daran vorbeistreichende Zimmerluft abgeben.

Ist dieselbe nämlich durch Berührung mit den Ofenwänden erwärmt und dadurch leichter geworden, so steigt sie in die Höhe, und es dringt kältere und darum schwerere Luft nach, welche von Neuem denselben Proceß erleidet, bis die ganze Stube gleichmäßig erwärmt ist. Ein genaues Thermometer zeigt daher gewöhnlich an der Decke des Zimmers eine etwas höhere Temperatur, als am Boden. Die Zimmer kühlen sich besonders dadurch ab, daß beständig kalte Luft durch die unteren Theile der Thüren rc. einströmt, und dafür warme Luft durch die oberen Spalten entweicht. Der Nutzen der Doppelfenster, der Doppelthüren, so wie der erwärmten Vorplätze leuchtet daher ein. Man muß unter den Oefen zwei große Gruppen unterscheiden, nämlich die Leitungsöfen und die Massenöfen.

Die Leitungsöfen sind meistens aus Metall, (Gußeisen, Eisenblech) construirt, leicht und von geringer Masse. Sie haben den Vortheil, daß sie wegen der großen Leitungsfähigkeit ihrer Wände ein Zimmer rasch, aber oft zu hoch erhitzen, daß sie ferner leicht und wohlfeil sind und ihr Material einen bleibenden Werth behält. Ohne beständiges Nachlegen erkalten sie aber auch sehr rasch. Sie riechen oft unangenehm, indem der Staub rc., der sich auf den eisernen Platten abgesetzt hat, verkohlt wird. Die Massenöfen, die man besonders in Norddeutschland, Scandinavien und Rußland findet, sind meistens aus Thon und Backsteinen construirt und der Eleganz wegen oft mit glasirten Thonplatten, den sogenannten Kacheln überzogen.

In dieser großen Masse schlechtleitender Materialien speichert sich die erzeugte Wärme auf, und nur langsam, aber um so nachhaltender wird sie an die Stubenluft abgegeben. Sie heizen daher langsam, sind bedeutend schwerer, und theuerer, geben aber auch ohne weiteres Nachlegen eine lang andauernde, gleichmäßige Wärme, die nur selten zu hoch steigen wird. Was das Heizen von außen oder von innen anbetrifft, so hat letzteres den unbestreitbaren Vortheil, daß es eine natürliche Ventilation der Zimmer hervorbringt, und daß man selbst das Nachlegen, den Verbrauch an Brennmaterial controliren kann. Freilich werden die Zimmer leichter dadurch beschmutzt. Für die Erwärmung großer Räume ist es ein Nachtheil, daß man nicht gut, ohne das Zimmer durch ein langes Rauchrohr zu verunzieren, den Ofen mitten in das Zimmer stellen kann. Er steht meistens in einer Ecke des Zimmers, so daß nur zwei seiner heizenden Flächen nach dem Zimmer gekehrt sind.

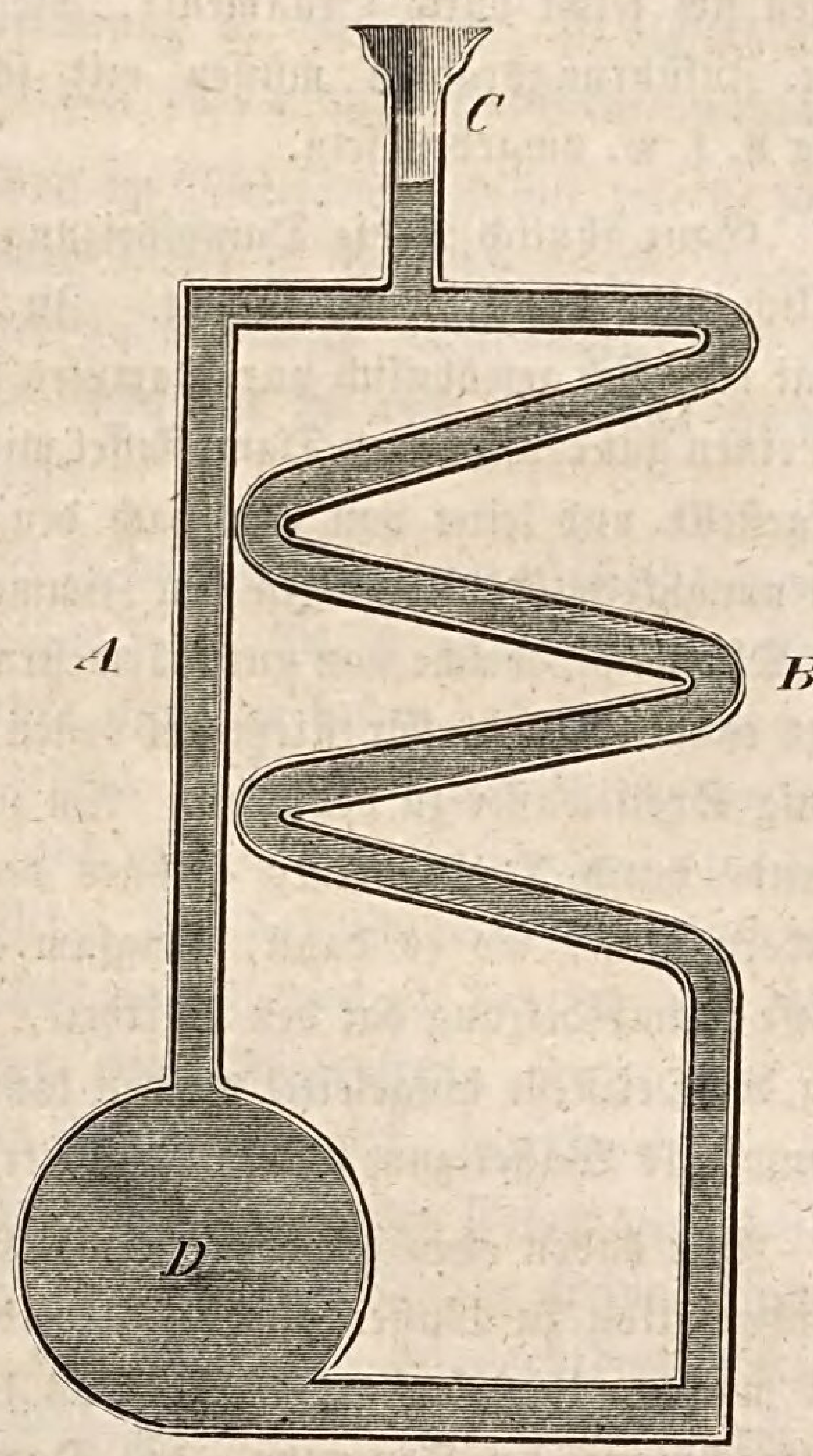
Im Gießener Laboratorium ist diesem Uebelstande durch eine sinnreiche Vorrichtung abgeholfen worden. Denke man sich zwei in einander geschachtelte Röhren von Gußeisen. In der inneren brennt das Feuer, die äußere ist oben verschlossen. Die erhitzte Luft steigt im inneren Rohre in die Höhe, geht dann in dem ringförmigen Raume zwischen beiden Cylindern herunter und in einen Canal, der unter dem Fußboden fort nach der Esse führt.

Bei größeren Gebäuden ist es schon wegen der größeren Feuergefährlichkeit vieler einzelner Oefen, dann aber auch wegen der vielen Handarbeit, dem Schmuze, den Kosten der Ofenreinigung, endlich wegen des großen Wärmeverlustes durch unvollkommene Verbrennung ꝛc. von großem Vortheile, wenn man sie von einer einzigen Centralfeuerstelle aus heizen kann. Eine solche Vorrichtung kannten schon die alten Römer, wie die aufgefundenen römischen Bäder beweisen, in der sogenannten Canalheizung. Bei dieser, die jetzt besonders zum Heizen der Treibhäuser im Gebrauch ist, wird außerhalb des Locals eine möglichst vollkommene Feuerung construirt; von dieser strömen die Verbrennungsproducte durch thönerne, mit Muffen verbundene Röhren, welche in Canälen im Boden der Locale angebracht sind, und entweichen endlich daraus in den Schornstein. Diese Röhren müssen nach einer Seite hin geneigt liegen, damit die condensirte Feuchtigkeit dorthin zusammenfließen kann.

Man schützt sie nach Möglichkeit vor Wärmeverlust nach unten, indem man sie auf Asche oder andere, schlecht leitende Substanzen bettet.

Die Wasserheizung, wie sie z. B. in der Paulskirche in Frankfurt in Anwendung gekommen ist, basirt sich auf der Ausdehnung und dem Leichterwerden des Wassers durch die Wärme. Denken wir uns einen allseitig geschlossenen Kessel, Figur 13, in welchen zwei Röhren einmünden, und zwar die Steigröhre A im oberen Theil, die Fallröhre B im unteren Theil. Der Kessel und die Röhren seien ganz mit Wasser angefüllt, und dieses Wasser werde nun durch eine zweckmäßig construirte Feuerung fast bis zum Sieden erhitzt. Der Erfolg wird sein, daß das warme Wasser leichter wird und in der Röhre A in die Höhe steigt. Findet es dort oben Gelegenheit, sich abzukühlen, indem vielleicht die Röhre A sich erweitert, oder spiralförmige Windungen macht, so wird es wieder kälter und schwerer werden und endlich in dem Rohre B auf den Boden des Kessels herabfließen, um dort von Neuem erwärmt seinen Kreislauf auf's Neue zu beginnen. Die Röhre AB kann durch viele Zimmer geleitet werden; es tritt nur leicht ein zu hoher Druck ein, wenn das Wasser zu hoch geführt werden soll. Sie muß mit einem oben offenen Nebenrohre C versehen sein, aus dem das sich ausdehnende Wasser und die sich entwickelnde Luft entweichen können. Zu diesem Ende muß es auf dem höchsten Punkte der Röhre AB aufgesetzt sein. Auch ist es gut, wenn der Kessel ein Sicherheitsventil hat. Unangenehme Zufälle können durch die Ausdehnung so langer Metallröhren beim Erwärmen entstehen. Dieselbe erfolgt mit solcher Gewalt, daß bei unvorsichtiger Anlage Mauern, gegen welche sie gerichtet waren, eingedrückt worden sind. Man wendet zur Vermeidung dieses Uebelstandes Kompensationsröhren an, d. h. enge Röhren, welche je zwei Röhrenenden verbinden, und in diesen mittelst Stopfbüchsen wasserdicht gleiten können.

Fig. 13.



Principielle Darstellung der Wasserheizung. A Steigrohr, B Fall- und Heizrohr, C Sicherheitsrohr, D der direct erhitzte Kessel.

Ebenso gut können auch Uförmige oder Sförmige Kupferröhren eingeschaltet werden.

Diese Wasserheizung zeichnet sich durch die angenehme, gleichmäßige Temperatur aus, welche sie hervorbringt. Die gewundenen Heizröhren lassen sich leicht durch Ornamente, wie durchbrochene Vasen ꝛc. verstecken. Die Zuführungsröhren müssen mit schlecht leitenden Stoffen, Wollenzeug u. s. w. umgeben sein.

Ganz ähnlich ist die Dampfheizung, welche nebenbei in der Industrie täglich mehr in Gebrauch kommt. Zu dem Zwecke der Zimmerheizung bedient man sich gewöhnlich nur Dampfes von einer Atmosphäre Druck. Man hat einen gut construirten Dampfkessel mit Sicherheitsventilen im Souterrain aufgestellt und leitet von ihm nach den verschiedenen Theilen des Hauses gut umwickelte Röhren. In den Zimmern selbst ist für eine Vergrößerung der Oberfläche, welche von gut wärmestrahlendem Metalle sein muß, gesorgt. Das condensirte Wasser fließt am besten in den Kessel zurück, um möglichst wenig Speisewasser zu bedürfen. Am zweckmäßigsten ist es, wenn man des Abends durch Drehen eines Hahnes den Abfluß des condensirten Wassers hindern kann, wo es dann, langsam erkaltend, zum Nachwärmen dient. Diese Dampfheizung hat den Vortheil, daß sie in viel weitere Entfernung von der Heizstelle hingeleitet werden kann, und daß man bedeutend weniger Dampf als Wasser zum Erwärmen einer Localität gebraucht.

Wir haben oben gesehen, daß 1 Kgr. Dampf von 100° C. bei seiner Condensation zu Wasser und bei der Abkühlung des letzteren soviel Wärme frei macht, als 6,5 Kgr. Wasser von 100° beim Erkalten auf 0° C. Die ganze Anlage der Feuerung, des Dampfkessels, der Röhren kann mithin 6,5 mal so klein sein, als bei der Wasserheizung. Dagegen spricht die jähere Hitze gegen dies Verfahren. Es ist ein ähnlicher Unterschied, wie zwischen den Massen- und den Leitungsöfen.

In Fabriken wendet man die Dampfheizung besonders zum Erwärmen von Flüssigkeiten, zum Abdampfen und Trocknen an. Ist nichts daran gelegen, wenn zu der Flüssigkeit noch Wasser hinzukommt, so leitet man den Dampf direct in die Flüssigkeit, sonst zwischen einen doppelten Boden oder in ein spiralförmig gewundenes Rohr. Zum Erwärmen auf 100° C. kann man sich des Dampfes von einer Atmosphäre Druck bedienen. Dagegen ist es besonders zum Abdampfen zweckmäßig, wenn höher gespannter Dampf angewendet wird. Die Destillation mittelst Dampf findet sowohl in der Pharmacie, als auch in der Branntweinbrennerei ausgedehnte An-

wendung. Beim Trocknen heizt der Dampf die Trockenwalzen, die Trockenräume oder die durch Ventilatoren zugeführte Luft, indem er durch passende Röhren geleitet wird. Die Anwendung des Dampfes bewirkt eine bedeutende Ersparniß an Brennmaterial, indem die meisten Ursachen der Wärmeverluste, durch die Wärmeabsorption der Wände der verschiedenen Feuerräume, durch unvollkommene Verbrennung ꝛc. wegfallen; sie liefert auch schönere Producte und größere Ausbeute, indem alles Anbrennen wegfällt.

Endlich die Luftheizung war schon im Mittelalter bekannt, wie sie denn z. B. im Ordensschlosse der preußischen Ritter in Marienburg ihre Anwendung gefunden hat. In den dreißiger Jahren dieses Jahrhunderts war dieselbe wieder sehr populär geworden, man hat sie aber theilweise wieder, mancher Inconvienzen halber, beseitigt.

Hier tritt die erhitzte Luft direct in das Zimmer und mischt sich der in demselben enthaltenen Luft unmittelbar bei. Es ist gewöhnlich im Souterrain eine Feuerung angelegt, welche einen am besten aus Backsteinen gemauerten Canal umspült und stark erhitzt. Die durch ihn streichende Luft wird erwärmt und specifisch leichter und wird nun durch Canäle in die verschiedenen zu heizenden Locale geleitet. Die dadurch verdrängte Luft läßt man am besten nach außen entweichen und verhindert dadurch das Eindringen der kalten Luft durch Fenster- und Thürspalten. Führt man die Luft aus dem Zimmer wieder in den Heizcanal zurück, so erspart man dadurch freilich etwas Wärme, hat aber dann gar keinen Ersatz durch frische Luft. Wird sie in das Feuer geleitet, so soll dadurch eine geringe Brennmaterialersparniß bewirkt werden. Die unleugbare unangenehme Einwirkung solcher Luftheizungen auf sensible Personen wurde früher durch zu große Trockenheit der Luft erklärt, was übrigens nicht ohne Grund ist, indem die äußere in den Heizcanal einströmende Luft nirgends Gelegenheit findet, sich ihrer höhern Temperatur entsprechend mit Feuchtigkeit zu sättigen. Durch Hinstreichenlassen der heißen Luft über ein Wassergefäß hat man keinen wesentlichen Erfolg erzielt. Der eigentliche Grund des Unbehagens lag indessen größtentheils an dem Mangel an frischer Luft, wenn nämlich die zweite Art der Circulation beliebt worden war. In anderen Fällen trug die Construction des Heizcanales die Schuld.

So lange man ihn nämlich aus Gußeisen macht, so wird er der durchströmenden Luft den Sauerstoff entziehen, dafür an dieselben Kohlenstoff abgeben und Kohlensäure oder gar Kohlenoxyd bilden. Sollte auch durch eine dicke Oxydschicht diese Sauerstoff absorbirende Wirkung des Metalls

aufhören, so wird es doch immer überhitzt werden, und durch Verkohlung der in der Luft schwebenden, staubförmigen, organischen Theilchen jenen unangenehmen, Kopfschmerz erzeugenden Geruch hervorbringen, den wir so oft an den eisernen Leitungsöfen bei irgend wie starkem Heizen bemerken.

Sehr beliebt ist die Luftheizung für Trockenräume in Fabriken, und um ein möglichst großes Quantum erhitzte Luft zu erhalten, leitet man dann die Feuerungsgase durch eiserne Röhren, welche in einer großen gemauerten Kammer liegen, aus der dann die erhitzte Luft abgeleitet wird.

Dieses Kapitel über die Brennstoffe würde unvollständig sein, wollte ich nicht noch die Mittel, Feuer zu erzeugen und auch zu löschen, erwähnen.

Die Feuerzeuge verdanken der neueren Chemie sehr viel. Während sich die Wilden auf so unendlich mühsame Weise durch Zusammenreiben zweier dürrer Hölzer Feuer verschafften, während die Alten, nach Homer, den Feuerbrand sorgsam unter der Asche zum Anzünden neuer Flamme verwahrten, war noch im letzten Jahrhundert die Anwendung des Schwamms, Stahls und Steins der einzige Fortschritt, den die Cultur in dieser Beziehung gemacht hatte. Die durch das Anschlagen abgerissenen Stahlsplitterchen werden in Folge der heftigen Reibung glühend und verbrennen an der Luft mit glänzendem Lichte. Man fängt sie mit leicht entzündlichen Stoffen, so faulem Holz, verkohlter Leinwand (Zunder) oder mit dem durch Klopfen erweichten und mit Salpeter getränktem Gewebe des Boletus ignarius oder Feuerschwamms auf. Durch einen mit Schwefel überzogenen Faden erhält man eine helle Flamme. Seit Anfang dieses Jahrhunderts fing man durch die Chemie geleitet an, sich besserer Methoden zu bedienen. Die früher ungemein verbreiteten, sogenannten chemischen Zündhölzer sind an dem einen Ende in einen Brei eingetaucht, der aus feingeriebenem chlorsaurem Kali, Schwefel, Zucker, Gummi und Zinnober, (als Farbe,) besteht. Dieses Gemenge entzündet sich im trocknen Zustande, sobald es mit conc. Schwefelsäure in Berührung kommt. Diese macht nämlich aus dem chlorsauren Kali chlorige Säure frei, in welcher nun fast alle verbrennlichen Stoffe sich mit Lebhaftigkeit entzünden. Um Verletzungen durch herumgespritzte Schwefelsäure zu vermeiden, befeuchtet man damit Asbest, der in eine Flasche mit Glasstopfen eingedrückt ist. Damit die Schwefelsäure nicht durch Anziehen von Wasser aus der Luft verdünnt und somit unwirksam werde, ist die Flasche immer gut verschlossen zu halten.

Jetzt haben indessen die Reibzündhölzer die obenerwähnten Feuerzeuge gänzlich verdrängt. Die auf diese aufgetragene Masse enthält feinvertheilten Phosphor und an Sauerstoff reiche Substanzen. Dieses Gemenge entzündet

sich bei einer geringen Reibung. Man bereitet es, indem man den Phosphor unter einer dicken Gummiauflösung oder unter Leimwasser schmilzt und nun so lange reibt, bis die Mischung erkaltet ist. Zuletzt setzt man noch feingepulverten Salpeter, Mennige oder Braunstein rc. zu. Den Zusatz von chlorsaurem Kali hat man aufgegeben, weil diese Hölzchen sich zu leicht und immer mit einer Art Explosion entzündeten. Zur Aufnahme dieser Masse dienen dünne runde Holzstäbchen, die man auf folgende Art anfertigt. Man schneidet zuerst aus angefeuchtetem Kiefernholze mit kleinen, eigenthümlich gestalteten Hobeln die runden Holzspähne aus. Das Hobeleisen hat 8—9 kreisförmig zusammengebogene Schneiden, die demnach kleine, nach hinten sich erweiternde, vorn scharfe Röhrchen bilden. Wird der Hobel unter kräftigem Drucke über ein passend zugeschnittenes Holzklötzchen geführt, so verwandelt er dasselbe vollständig in gleichmäßig runde Stäbchen, die nun bündelweise mit einer starken Scheere zur passenden Länge zertheilt werden. Die rohen Hölzchen werden zur leichtern Fortpflanzung der Entzündung mit dem einen Ende in geschmolzenen Schwefel getaucht, der sich in einer dünnen Schicht in einer flachen Schale befindet.

Statt sie mit Schwefel zu überziehen, dessen Verbrennungsproduct, die schweflige Säure, lästig fällt, taucht man sie auch wohl in geschmolzene Stearinsäure ein. Dabei müssen aber vorher ihre Enden durch Aufstoßen auf eine glühende Platte leicht verkohlt sein. Der Phosphorbrei wird ganz ähnlich aufgetragen. Man faßt die Hölzchen hundertweise zusammen, taucht sie ein und schwenkt die überflüssige Masse durch eine leichte Handbewegung ab. Statt der Hölzchen kann die Zündmasse auch auf Schwamm, salpetrisirte Papiermasse oder kleine Wachslichtchen aufgetragen werden. Der Phosphor oxydirt sich an der Luft langsam zu phosphoriger Säure, welche Feuchtigkeit mit Begierde anzieht. Es ist daher gut, die Enden der Zünder mit irgend einem schützenden Harzlack zu überziehen, welcher Luft und Feuchtigkeit abhält. Dieselbe Säure bewirkt sehr traurige Krankheitsfälle bei den in diesen Fabriken beschäftigten Arbeitern; es tritt ein eigenthümlicher Knochenfraß, besonders der Kiefern ein, welcher sehr gefährlich werden kann. Neuere Untersuchungen von Wöhler und Frerichs haben nachgewiesen, daß die phosphorige Säure fast so giftig wirkt, wie die arsenige Säure.

Die von Döbereiner erfundenen Wasserstoffzündmaschinen sind heut zu Tage mehr als Curiosa merkwürdig, als practisch angewendet. Sie sind nämlich schlecht zu transportiren, was in unserem reiselustigen, cigarrenrauchendem Zeitalter schon hinreicht, ihnen den Stab zu brechen, und ferner für den Laien schlecht in Stand zu erhalten. Aus Zink und verdünnter

Schwefelsäure wird Wasserstoffgas entwickelt. Dieses strömt durch Oeffnen eines Hahnes in einem feinen Strome auf schwammförmiges Platin*) und wird dort zugleich mit dem Sauerstoffe der Luft mit Heftigkeit verdichtet. Die Gase vereinigen sich durch diese Näherung ihrer Atome, der Platinschwamm wird glühend und entzündet nun auch den frei ausströmenden Wasserstoff. Schließt man den Hahn wieder, so wird durch das sich fortentwickelnde Gas die verdünnte Schwefelsäure so lange verdrängt, bis das Zink nicht mehr in dieselbe eintaucht, worauf die weitere Gasentwickelung aufhört, bis man den Hahn von Neuem öffnet. Zink und Schwefelsäure müssen von Zeit zu Zeit erneuert werden. Sollte der Platinschwamm seine Dienste versagen, so genügt es oft, ihn einfach mit einem Löthrohre auszuglühen; jedenfalls wird er wieder functioniren, wenn man ihn zuerst in Platinchlorid, dann in Salmiaklösung eintaucht, trocknet und ausglüht. Der auf der Oberfläche niedergeschlagene Platinsalmiak wird eine ganz neue Platinoberfläche zurücklassen. Die Ursachen des Verderbens sind mannigfaltig.

Besonders ist es die Anwendung arsenikhaltiger Schwefelsäure, die die Entwickelung von Arsenikwasserstoff bedingt, welcher seinen Arsenik auf dem Platin absetzt und es zum partiellen Schmelzen bringt. Leicht werden auch durch zu lebhafte Gasentwickelung Tröpfchen von schwefelsaurer Zinklösung übergespritzt, welche ebenfalls die Oberfläche verunreinigen. Auch vor ammoniakalischen und Schwefelwasserstoff haltenden Ausdünstungen ist der Platinschwamm zu schützen. Vor Döbereiner wandte man zur Entzündung des Wasserstoffgasstromes den durch einen Electrophor erzeugten, electrischen Funken an, der indessen bei feuchter Witterung leicht versagte.

Was nun das Löschen des Feuers betrifft, so ist das allgemein gebräuchlichste Mittel das Wasser. Dieses wirkt durch seine große Wärmeabsorption beim Verdampfen, indem es dadurch den brennenden Körper unter seine Entzündungstemperatur abkühlt. Kommt es aber in einer geringen Menge mit einer sehr intensiven Gluth in Berührung, so tritt seine obenerwähnte Zersetzung mit dem Kohlenstoff in Wasserstoff und Kohlenoxyd ein, und diese Gase verursachen dadurch eine sehr hohe Flamme, die das Feuer leicht weiter verbreiten kann. Es ist daher nöthig, das Wasser in nicht zu kleiner Menge, sondern in einem kräftigen Strahle und aus möglichster Nähe anzuwenden und sich besonders

*) Man erhält diese Platinschwämme, indem man über einen Ring von Eisendrath dünnen Platindrath netzförmig ausspannt und darauf einen Brei von Platinsalmiak aufträgt, der nach heftigem Ausglühen schwammförmiges Platin zurückläßt.

darauf zu beschränken, den Heerd des Feuers durch Anspritzen der nahestehenden Gebäude zu isoliren und von außen her allmälig einzuschränken. Man bedient sich daher der Schläuche mit so großem Vortheile, indem sie erlauben, möglichst nahe an das Feuer heran zu gehen. Man erinnere sich dabei, daß meistens am Boden die frische Luft zuströmt, daß dort also das Athmen am wenigsten durch Rauch und Flammen behindert wird. Die sehr energisch feuerlöschende Wirkung der Soolmutterlaugen und anderer Auflösungen zerfließlicher Salze beruht auf dem für die Luft undurchdringlichen Ueberzuge, den dieselben auf dem brennenden Holzwerk hinterlassen. Außerdem ziehen diese Salze mit solcher Energie Wasser an, daß das einmal damit benetzte Holz nicht so leicht wieder trocken werden und von Neuem Feuer fangen wird.

In der Soolmutterlauge bestehen diese Salze größtentheils aus Chlorcalcium und Chlormagnesium, und diese sind so leicht zu erhalten und in fester Form aufzubewahren, daß dem Vorschlage, künstlich bereitete Auflösungen derselben zum Spritzen anzuwenden, nichts Wesentliches im Wege steht, zumal da sie die Metalltheile nicht angreifen und im Winter das Wasser vor dem Erstarren schützen.

Der einzige, freilich unwichtige Nachtheil ist der, daß das gerettete Holzwerk, sowie die Mauern der bespritzten Häuser durch die aufgesogenen hygroscopischen Salze immer feucht bleiben werden.

Bei sehr großen Bränden sucht man das Feuer selbst durch Umreißen der nebenstehenden Häuser zu isoliren. Bei dem großen Hamburger Brande war man gezwungen, zu diesem Zwecke das Sprengen mit Pulver und das Einschießen mit schwerem Geschütz zu Hülfe zu nehmen.

Ein anderes Hauptmittel zum Feuerlöschen, das sich jedoch nur in wenigen Fällen und bei geringer Ausbreitung des Feuers anwenden läßt, ist das Abschneiden des Luftzutrittes durch Bedecken mit Sand, Erde, Mist, nassen Wollendecken 2c. Selbst Häckerling ist dazu angewendet worden, natürlich nur bei kleinen Feuern.

Brennende Schornsteine werden unten mit nassen Tüchern verstopft. In einigen Fabriken, welche einen Dampfkessel im Betriebe halten, hat man durch einen kräftigen Dampfstrom die Luft aus den brennenden Räumen zu verdrängen gesucht und dadurch eine rasche Dämpfung des Feuers erreicht.

Sehr merkwürdig ist noch die Löschmethode, welche auf der Anwendung sehr kleiner Mengen saurer Gase basirt ist. Läßt man am Fuße eines brennenden Schornsteins einige Hände voll Schwefel verbrennen, oder entwickelt

man in ihm durch Uebergießen von Kochsalz mit concentrirter Schwefelsäure salzsaures Gas, so wird das Feuer wunderbar rasch gelöscht, ohne daß etwa die Verdrängung des Sauerstoffgases die Ursache davon sei.

Die in der neueren Zeit vielfältig angepriesenen Gasspritzen oder Fire Anihilators sind blecherne Gefäße, in welchem ein Gemenge von Gyps, Salpeter und Kohle, (wenigstens nach den Angaben des Erfinders), eingedrückt ist. An der Seite befindet sich ein Ausströmungsrohr. Man entzündet das Ganze durch Niederdrücken einer Nadel, die ein Glaskügelchen zerbricht, das mit conc. Schwefelsäure gefüllt und mit einer Zündmasse aus chlorsaurem Kali, Zucker und Schwefel überzogen ist. Das Gemenge soll bei seinem Verbrennen einen lebhaften Strom löschender Gase, (Stickstoff und Kohlensäure, oder auch schweflige Säure?) geben, der zu dem seitlichen Rohre herausströmt und nun auf den brennenden Gegenstand gerichtet wird. Man begreift leicht, daß dieser Apparat nur in ganz einzelnen Fällen und bei eben erst entstehenden Feuern angewendet werden kann, zumal da geschlossene Räume durch das Gas für Menschen unzugänglich gemacht werden.

Als Präservativmittel gegen Feuersgefahr hat man in der letzteren Zeit feuerfeste Ueberzüge und Imprägnirungen der mannigfachsten Art versucht. Besonders die Coulissen und das Holzwerk der Theater, welche so leicht eine Feuersbrunst der gefährlichsten Art veranlassen können, hat man hierdurch zu sichern gesucht. Es ist dies besonders aus Rücksicht für Menschenleben nothwendig, da selten ein Theaterbrand ohne einen solchen Verlust abläuft. Ein warnendes Beispiel wird immer der Theaterbrand in Karlsruhe bleiben.

In dem einen Falle sichert man die feuerfangenden Substanzen durch Ueberzüge, welche beim Erhitzen schmelzen und so den Zutritt der Luft, das Entflammen verhindern. Als das beste Mittel hierzu ist das Fuchs'sche Wasserglas zu empfehlen, das durch Zusammenschmelzen von Kieselsäure (gepulvertem Feuerstein) mit kohlensaurem Kali oder Natron erhalten wird. Die geschmolzene Masse, aus kieselsaurem Kali bestehend, löst sich ziemlich leicht in heißem Wasser auf und trocknet beim Aufstreichen auf Holz, Leinwand, Papier zu einer glasartigen Masse aus, die das leichte Feuerfangen ganz verhindert. Um Sprünge beim Austrocknen zu vermeiden, thut man wohl, pulverförmige Substanzen, wie Eisenoxyd, Sand rc. beizumengen. Der beste Zusatz besteht aus dem gepulverten trockenen Wasserglase selbst.

Die andere Methode imprägnirt das Holz mit einer Substanz, welche dasselbe beim Erhitzen verkohlt und dabei verbrennungswidrige saure Gase entwickelt. Man könnte unmittelbar verdünnte Schwefelsäure anwenden,

die aber allmälig die Structur des Holzes zerstören würde. Statt dessen wendet man am besten schwefelsaures Ammoniak an, ein nicht zerfließliches Salz, das sich beim Erhitzen größtentheils in Schwefelsäure und Ammoniak zerlegt. Wird damit getränktes Holz erhitzt, so wirkt die frei werdende Schwefelsäure auf das Holz ein, verkohlt es und entwickelt eine lange Zeit hindurch eine reichliche Quantität Kohlensäure und schweflige Säure, welche Gase, wie wir oben gesehen haben, die Verbrennung augenblicklich unterdrücken.

Die angebliche Unverbrennlichkeit mancher Personen, die die Hände in schmelzendes Blei 2c. tauchten, ist durch Boutigny's Versuche vollständig erklärt worden. Läßt man einen Tropfen Wasser auf ein recht stark glühendes Eisen fallen, so verdampft es nicht, wie dies die Hausfrauen oft beim Probiren der Bügeleisen erfahren haben, sondern bleibt etwas über der Metalloberfläche schweben, es geht in den sphäroidischen Zustand über. Das Wasser nimmt dabei eine Temperatur noch unter dem Siedepunkte an. Durch Versuche ist es nun nachgewiesen, daß man die mit Wasser befeuchtete Hand ohne irgend eine Gefahr einige Zeit ruhig in bei Rothgluth schmelzendes Blei, ja in schmelzendes Gußeisen tauchen kann. Wendet man zum Befeuchten der Hand Aether an, so empfindet man fast gar keine Wärme. Das schmelzende Metall weicht hier gerade so von der nassen Hand zurück, als vorher der Wassertropfen vor dem glühenden Metall; die Hand ist also nur der Temperatur des unmittelbar umgebenden Mediums, nämlich des in sphäroidischem Zustande befindlichen Wassers ausgesetzt, das höchstens eine Temperatur von 96—98° C. hat.

Zweites Kapitel.

Beleuchtung.

Erzeugung von Licht; Gasbeleuchtung, Fette, Oele, Kohlenwasserstoffe, Kerzen und Lampen.

Zu den mannigfachen Geschäften der Menschen reicht das Tageslicht nicht immer aus, und wir finden daher schon in frühen Zeiten die Anfänge einer künstlichen Beleuchtung. Während aber die Wilden sich mit dem Lichte begnügen, welches das wärmende Lagerfeuer verbreitet, ist es nicht der kleinste Triumph unseres erfindungsreichen Jahrhunderts, Leuchteinrichtungen hergestellt zu haben, welche mit dem Glanze des Sonnenlichts wetteifern.

Werden feste Körper, die weder flüchtig noch schmelzbar sind, auf irgend eine Art hinreichend stark erhitzt, so strahlen sie mit der Wärme zugleich Licht aus, das um so intensiver, um so weißer wird, je höher die erlangte Temperatur steigt.*) In der That, wenn wir, um gleich eine auf anderem Wege unerreichbare Temperatur anzuwenden, einen kräftigen galvanischen Strom durch zwei zugespitzte Kohlenstücke leiten, so strahlen diese, im höchsten Grade unschmelzbar und nicht flüchtig, das bis jetzt unerreichte blendende Licht aus, das man nach dem berühmten Entdecker das Bunsen'sche Kohlenlicht genannt hat.

Gas- oder dampfförmige Körper dagegen, die bei gewöhnlicher Temperatur wegen ihrer Durchsichtigkeit unserer Wahrnehmung entgehen, werden

*) Auch die weiße Farbe der erhitzten Substanz scheint Einfluß hierauf zu haben. Wenigstens ist es eine bekannte Reaction der Thonerde, des Kalks, der Magnesia 2c., daß sie vor dem Löthrohr stark erhitzt, mit sehr weißem Lichte leuchten.

uns auch durch starke Erhitzung nicht sichtbar. Die Flamme des Wasserstoffgases, selbst wenn sie durch reines Sauerstoffgas angefacht wird, kann bei höchster Reinheit nur gefühlt, aber kaum gesehen werden.

Bringen wir aber in dieselbe ein Stück Platindraht oder ein Stück Kalk hinein, so strahlen diese festen Körper augenblicklich ein Licht aus, das wegen seiner hohen Intensität sich sehr zur Beleuchtung mikroskopischer Gegenstände eignet. Dieses sogenannte Hydrooxygen-Gaslicht erregt beim größeren Publikum großes Interesse und wird z. B. bei den sogenannten Dissolving views und Chromatropen, sowie endlich bei den danach benannten Mikroskopen angewendet.

Dieser Versuch ist für die Erklärung des Vorgangs bei unsern gewöhnlichen Leuchteinrichtungen vom höchsten Interesse. Auch hier haben wir Gasflammen, in denen ein fester Körper suspendirt ist.

Dieser feste Körper ist aber selbstverbrennlich und geht dadurch in ein leicht sich zerstreuendes Gas über; er muß daher immer wieder von Neuem erzeugt werden.

Die allein zur Beleuchtung practisch anwendbaren Stoffe sind die Kohlenwasserstoffe mit Ueberschuß von Kohlenstoff. Als Typus derselben können wir den Doppelkohlen-Wasserstoff, das sogenannte Leuchtgas bezeichnen, das auf 2 Aequivalente Kohlenstoff 2 Aequivalente Wasserstoff enthält. Dies entspricht dem Gewichte nach 12 Gewichtstheile Kohlenstoff auf 2 Gewichtstheile Wasserstoff.

Verbrennt es an der Luft, so verbindet sich zuerst der Wasserstoff mit dem Sauerstoff, der Kohlenstoff wird ausgeschieden und zugleich durch die sehr hohe Temperatur zum starken Leuchten erhitzt.

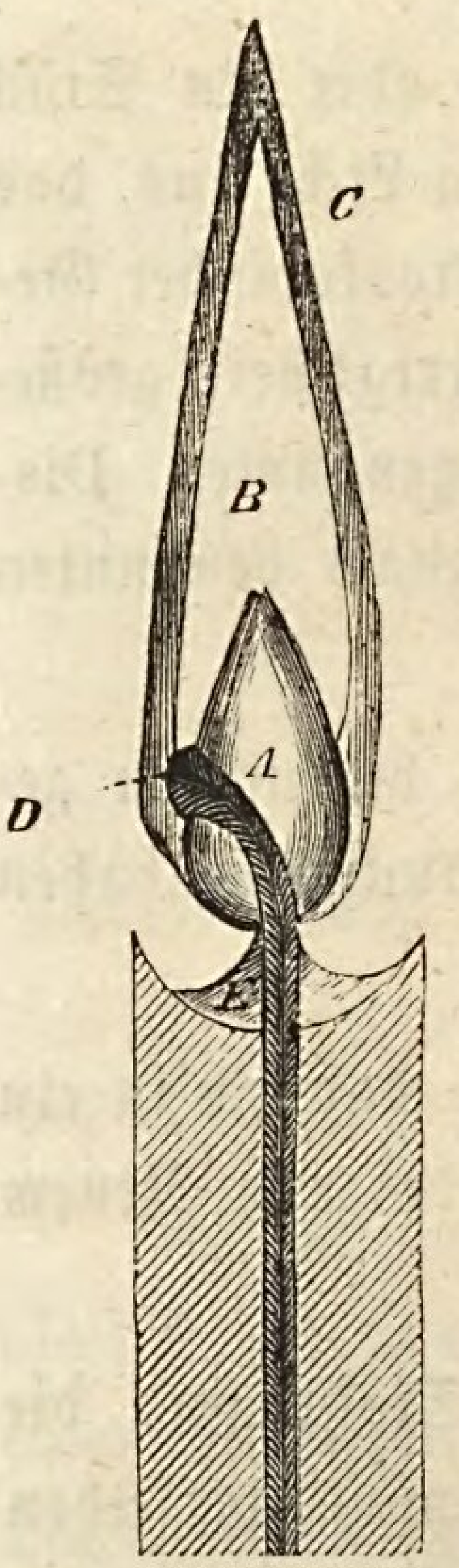
Durch nachströmendes Gas verdrängt, tritt er an die Oberfläche der Flamme und kommt dort mit mehr Luft in Berührung und zur Verbrennung. Dieselbe trägt viel zur Wärme aber wenig zur Lichterzeugung bei.

Die erzeugten Producte sind demnach nur Kohlensäure und Wasserdampf, die in keiner Weise beschwerlich fallen.

An der Flamme können wir einen durchsichtigen Kern von unverbranntem Gase und eine sehr schwachleuchtende, aber heiße Hülle unterscheiden, die besonders in der Spitze sich concentrirt. Dazwischen befindet sich der leuchtende Theil, aus dem sich durch Abkühlung mittelst eines gut wärmeleitenden Körpers viel feinvertheilte Kohle ausscheiden läßt.

Die in der Zeichnung angedeutete Entstehung des verbrennenden Gases aus Oel oder Talg, die Zuführung dieser Materialien durch den Docht ꝛc. s. u. bei der Beleuchtung durch fette Körper.

Fig. 14.



Kerzenflamme. A. Nicht leuchtende durchsichtige Gase u. Dämpfe. B. Leuchtender Theil, enthält suspendirten Kohlenstoff. C. Blaue Hülle, wo die vollständige Verbrennung stattfindet. D. Docht. E. Geschmolzenes Fett.

Gasbeleuchtung.

Den oben erwähnten Doppelkohlenwasserstoff in mehr oder weniger reiner Form auszuscheiden und den Consumenten in gasförmiger Gestalt zuzuführen, ist der Zweck der Leuchtgasbereitung.

Nachdem schon im Jahre 1664 Dr. Clayton, im Jahre 1786 Lord Dundonald in England mit der Destillation der Steinkohlen Versuche angestellt hatten, gelang es einem gewissen Murdoch im Jahre 1798 diese Beleuchtung in der berühmten Maschinenfabrik von Watt und Bolton einzuführen. Die Franzosen schreiben mit Unrecht die Ehre dieser Erfindung ihrem Landsmanne Lebon zu, der im Jahre 1786 seine Thermolampe construirte. Dies war eine Art Ofen, in welchem eiserne Retorten lagen, die mit klein gespaltenem Holze beschickt wurden. Das entwickelte Gas strömte aus engen eisernen Röhren aus und wurde unmittelbar entzündet, lieferte aber ein nur sehr schwaches Licht. Die bei der Darstellung abfallende Wärme sollte zugleich zur Zimmerheizung verwendet werden. Wegen der schlechten Leuchtfähigkeit des Gases indessen wurde das Holz als Gasmaterial bald wieder verlassen, und erst in der letzten Zeit sind vom Professor Pottenkofer in München wiederum Versuche damit angestellt worden, die bei den dortigen niedrigen Holzpreisen sehr gute Resultate ergeben haben sollen.

Unterdessen hat Murdoch's geniale Erfindung den Weg um die Welt gemacht, das von ihm angewendete Material, die Steinkohle, hat durch seine Wohlfeilheit, und durch sein fast unerschöpfliches, massenhaftes Vorkommen, alle anderen Stoffe aus dem Felde geschlagen, so daß selbst Harz und Oel, obwohl sie ein viel reineres und besseres Gas liefern, nur in sehr kleiner Ausdehnung angewendet werden. Einer ausgebreiteten Benutzung der letzteren Substanzen würde die beschränkte Production unübersteigliche Schwierigkeiten in den Weg legen, indem dann sogleich die Preise heraufgeschnellt werden würden.

Das Steinkohlengas ist es daher, dessen Darstellung unser Interesse fast ausschließlich in Anspruch nimmt und hier ausführlicher erwähnt werden soll.

Setzen wir eine gute, wasserstoffreiche Kohle, z. B. die Cannelkohle von New-Castle einer lebhaften Kirschrothglühhitze aus, so entwickelt sie neben Theer und ammoniakalischem Wasser eine reiche Menge Gas, das bis zu 13 % reines Doppelkohlenwasserstoffgas enthält. Der Rest besteht zum größten Theile aus einfach Kohlenwasserstoff oder Grubengas, CH^2, aus Kohlenoxyd und reinem Wasserstoff. Außerdem findet sich Kohlensäure und Stickgas beigemengt. 2—3 % des Gemenges werden durch sehr mannigfaltige Verunreinigungen gebildet, die aus Ammoniak, verbunden mit Schwefelwasserstoff, Schwefelcyanwasserstoff, Blausäure, Salzsäure 2c. bestehen. Eigenthümlich ist noch das Vorkommen einer kleinen Menge des höchst unangenehm riechenden Schwefelkohlenstoffs. Das Ammoniak und die Blausäure verdanken ihre Entstehung dem Stickstoffgehalt der Steinkohlen, die schwefelhaltigen Producte rühren von beigemengtem Schwefelkies her.

Einen großen Theil seiner Leuchtfähigkeit verdankt das Gas endlich sehr flüchtigen Theerölen, die auch nach vollständigem Erkalten in demselben aufgelöst bleiben.

Ist die Temperatur der Destillation zu niedrig, so erhält man fast nur Theer und Wasser; bei Weißglühhitze dagegen wird fast nur Grubengas und reiner Wasserstoff gewonnen, da der Doppelkohlenwasserstoff bei dieser Temperatur zerfällt und seinen Kohlenstoff in festen, sehr harten, graphitähnlichen Massen absetzt.

Nach Professor Magnus Versuchen sollen dabei, selbst wenn man reinen, aus Alkohol und Schwefelsäure erzeugten Doppelkohlenwasserstoff anwendet, Naphtalin und andere theerartige Producte erzeugt werden.

Auch bei zu lange dauernder Destillation sind die letzten Theile des Gases fast nicht leuchtend. Was die Quantität der erzeugten Producte anbelangt, so kann man annehmen, daß bei sechsstündigem Heizen 20 % Gas, 40 % Theer und Wasser, und ebenso viel Coaks gewonnen werden.

Letztere sind werthloser, als die auf anderem Wege erhaltenen, da sie sich bei zu rascher Erhitzung bilden und noch zu viel Schwefel enthalten.

Es ist daher in einigen Gasanstalten im Gebrauch, dieselben, wie sie aus den Retorten kommen, sogleich zur Feuerung unter den letzteren zu ver-

wenden, und man bedarf dann in gut construirten Oefen nur ohngefähr ⅓ derselben.

Die Gasfabrikation zerfällt in der Praxis in folgende 4 Abtheilungen:

1. Die Destillation der Steinkohle.
2. Die mechanische Reinigung des Gases.
3. Die chemische Reinigung desselben.
4. Die Aufsammlung und Vertheilung an die Consumenten.

1. **Die Destillation** erfolgt in Retorten, die von außen erhitzt werden.

Die Retorten sind an der einen Seite geschlossene, meist 7—8 Fuß lange Röhren, die bis vor wenig Jahren überwiegend aus gutem grauen Gußeisen verfertigt wurden. Zu unterscheiden ist der Bauch der Retorte, der nach längerem Betriebe durchbrennt und untauglich wird, und der Hals, der vor dem Feuer durch Mauerwerk geschützt, sehr lange Zeit tauglich bleibt. Er ist deshalb mit dem ersten Theile nur durch Flantschen und Schrauben verbunden. Die gußeisernen Retorten haben am besten einen elliptischen Queerschnitt, indem dies die Form ist, wobei die Steinkohlen in der dünnsten Schicht der Wirkung der Hitze ausgesetzt sind, ohne daß doch der Guß der Retorten zu unverhältnißmäßig erschwert würde.

Jetzt werden fast ausschließlich thönerne Retorten von rundem, elliptischem oder ⌓ förmigem Querschnitt angewendet. Sie werden aus sehr feuerfestem Thone gefertigt, der mit etwa gleichviel, etwa zu Linsengröße gepulvertem, gebranntem Thone derselben Gattung innig vermischt wird.

Die Angabe, daß man dieselben in England durch eine hydraulische Presse in einem Stück anfertige, ist irrig, indem kaum irgend eine mechanische Kraft ausreichen möchte, um den ungeheuren Widerstand zu überwinden. Aus eigener Erfahrung kann ich angeben, daß man dazu sich einfach des Einstampfens des schwach angefeuchteten Thongemenges in hölzerne, zerlegbare Formen bedient. Derartige Retorten von sehr flachem Gewölbe und mit sehr breitem eingebogenem Boden, werden meistens aus mehreren kurzen Stücken zusammengesetzt, und die dabei entstehenden Fugen durch ein Gemenge von Gyps, Eisenfeilspänen und Salmiak verkittet. Ebenso wird die Fuge dicht gemacht, welche beim Anschrauben des gußeisernen Kopfstückes bleibt. Die Thonretorten sind zu diesem Ende mit einem starken Flantsch versehen, in dem 6—8 Löcher angebracht sind, die den im Kopfstücke angebrachten entsprechen.

Diese Retorten dauern sehr lange, wenn sie immer im Betriebe, und also in einer gleichmäßigen Glühhitze gehalten werden, und wenn ihre Poren, wie es nach kurzem Betriebe geschieht, durch abgesetzte Kohle verstopft sind, zeigen sie sich auch hinreichend gasdicht. Kleine Sprünge werden leicht durch Bestreichung mit dünner Thonschlempe, größere durch Eindrücken zugespitzter Thonklümpchen während des heftigsten Feuers verschlossen, und schon nach wenigen Stunden lebhafter Weißgluth zeigen sich die auf diese Art ausgebesserten Retorten so gasdicht, als ganz fehlerlose.

Damit sich aber diese Sprünge nicht zu klaffenden Oeffnungen erweitern, ist es dringend geboten, die Retorten möglichst gleichmäßig zu unterstützen und besonders am hinteren Ende gegen festes Mauerwerk anstoßen zu lassen.

Um die fast nie fehlenden zahlreichen feinen Chamotterisse unschädlich zu machen, soll man der Masse eine kleine Menge fein gepulverter Porcellanscherben beimengen, die bei der angewandten starken Hitze ein partielles Sintern der Masse hervorbringen und ihr eine Art Zähigkeit verleihen, welche die Entstehung weiterer Risse verhindert. Jedenfalls steht fest, daß es fast unmöglich ist, mit den Retorten anders, als bei intensiver Hitze zu arbeiten. Ob die entstandenen Risse durch die Ausdehnung des Thons zusammengedrückt werden, oder ob hierbei die Repulsivkraft glühender Körper gegen Gase und Dämpfe*) ins Spiel kommt, ist noch nicht entschieden.

Man hat auch wohl versucht, die Retorten einfach aus feuerfesten Backsteinen aufzumauern, und könnte man wohl am besten Backsteine von der Form eines Kreissegments, wie die sogenannten Brunnen- oder Essenziegel anwenden, wenn man zugleich für den sogenannten Längsverband Sorge trüge. Indessen möchte, außer bei senkrechter Stellung, die Lagerung derselben und die Anbringung der Feuerung sehr schwierig sein. Auch dürften sich dieselben nur durch sehr geschickte Maurer hinreichend gasdicht ausführen lassen.

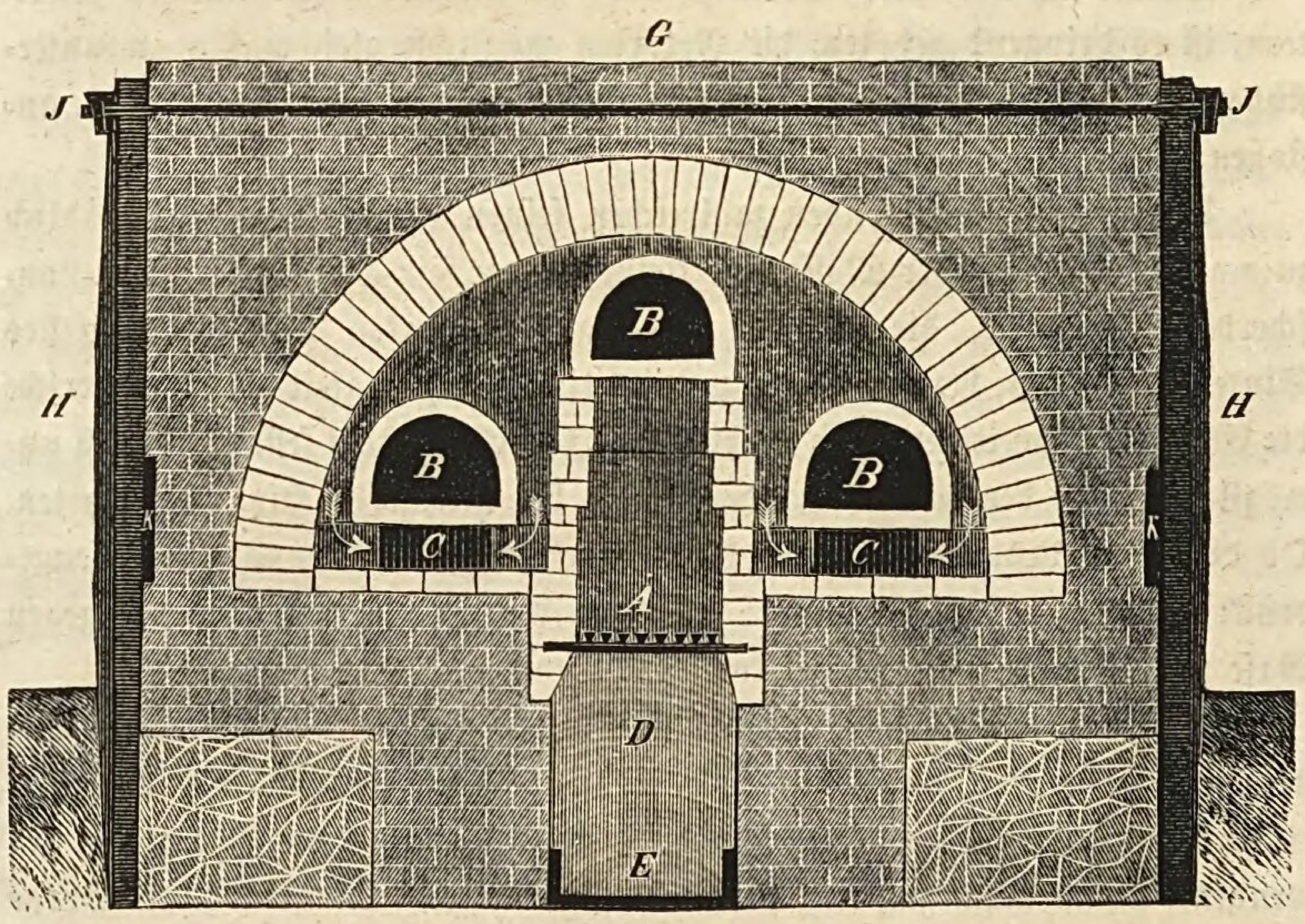
---

*) Ich muß an dieser Stelle auf eine Erfahrung des berühmten Mechanikers Perkins verweisen. Als derselbe seinen Dampfgenerator construirte, einen ungemein dicken Rothgußcylinder, der vollständig mit Wasser gefüllt und nun äußerst stark erhitzt wurde, bekam dieser einmal einen beträchtlichen Riß am Boden, aus dem aber, so lange das Metall hoch genug erhitzt war, weder Wasser noch Dampf entwich; die Maschine arbeitete ruhig fort, bis zum Abend das Feuer gelöscht wurde, und der Generator langsam erkaltete. Da, auf Einmal, nachdem die Adhäsion zwischen Metall und Wasser hergestellt war, entwich mit donnerähnlichem Geräusch der ganze Inhalt des Generators.

Die Oefen sind gewöhnlich so construirt, daß allemal drei Retorten über einer gemeinsamen Feuerung oder fünf über je drei Feuerungen in zwei Reihen vertheilt eingelegt werden, so daß die Flamme sie sämmtlich umspült.

Die beigelegte Zeichnung, Fig. 15 a., mit 3 ⌓ förmigen Retorten und einer Feuerung, ergiebt eine Anordnung der Züge, wie ich sie selbst als vortrefflich erprobt habe.

Fig. 15 a.



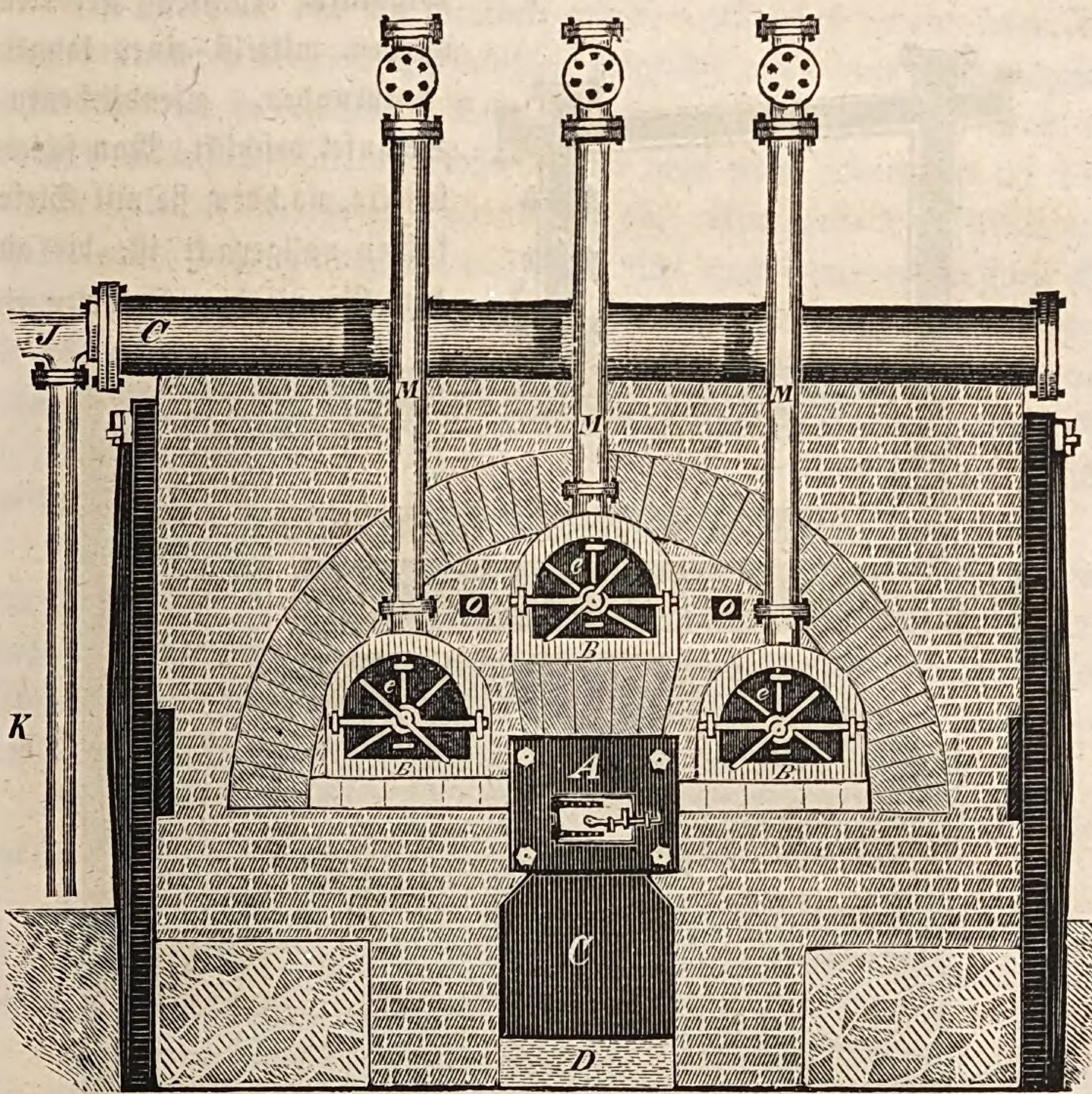
Gasretortenofen.

Drei Thonretorten über einer Feuerung; senkrechter Durchschnitt nach Linie AB. Fig. 15 c. A Feuerung. B B B Retorten. C C Canäle. D Aschenfall. E Bassin mit Wasser gefüllt, zum Löschen der Asche. H H Ankerplatten. I Ankerstange. K Längsankerplatten.

A ist die Feuerung, die sich durch Ueberziehen der Seitenwände soweit verengt, daß die mittelste Retorte darauf sicher ruht. Die entwickelte Flamme steigt in die Höhe, streicht unter der mittelsten Retorte B nach hinten, dringt durch zwei seitliche Füchse in den durch das Gewölbe begrenzten Raum, und kehrt so vertheilt, oberhalb der beiden seitlichen Retorten wieder nach der Stirnseite des Ofens zurück. Durch je zwei seitliche Füchse gelangt sie in die Canäle C C unter den beiden Seitenretorten, um endlich an der Hinterseite in den Canal zu entweichen, der sie nach der Esse führt.

Ist diese hinreichend hoch, und wird mit guten, langflammigen Steinkohlen anhaltend gefeuert, so erlangt der Ofen eine durchgehend gleichmäßige, starke Hitze. Bei dieser Anordnung lassen sich die Züge leicht reinigen, und die Retorten erneuern, ohne das Gewölbe und die übrigen Theile des Ofens einreißen zu müssen.

Fig 15 b.



Gasretortenofen. Vordere Ansicht.

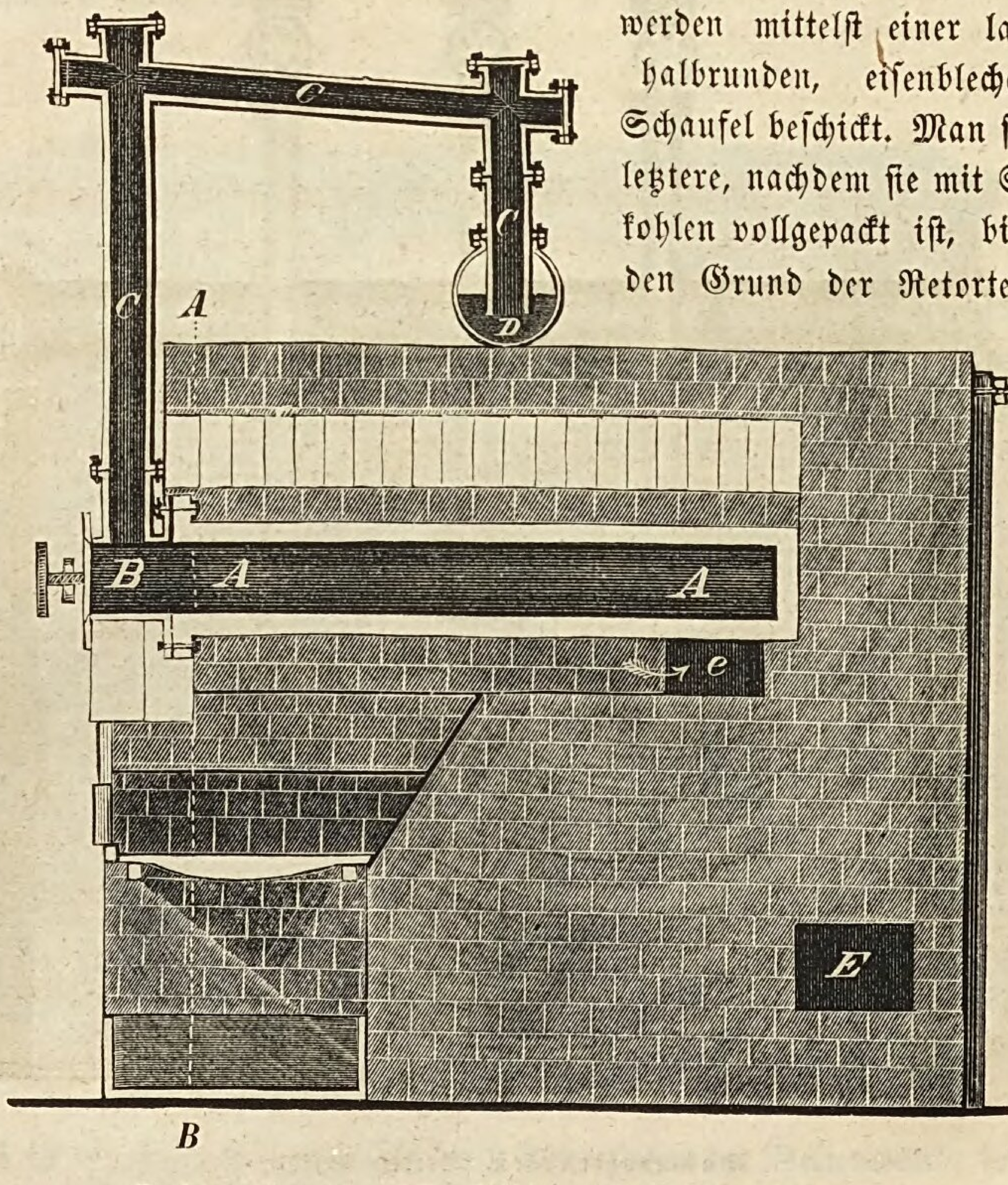
A Ofenthürplatte. b Ofenthüre. C Aschenfall. D Wasserbecken. B B B Retortenköpfe, mit Deckel e, der durch Rippen verstärkt und mit Handhaben versehen ist und durch Bügel und Druckschraube festgedrückt wird. M M M Röhren, die die Theerdämpfe und Gase in die Vorlage C leiten, von wo das Gas durch I, der Theer durch K abfließt. O, O, Oeffnungen, um in den Ofen zu sehen.

Die Anordnung der Feuerungen und Züge bei fünf und mehr Retorten ergiebt sich leicht. Sehr wesentlich ist es, daß die Retorten dicht an die Hinterwand angerückt werden, und daß diese eine hinreichende Festigkeit besitzt, damit die etwa entstehenden Sprünge sich nicht etwa über Gebühr erweitern.

Die abziehenden heißen Verbrennungsproducte werden zweckmäßig noch zur Heizung eines Dampfkessels verwendet, welcher die nöthige mechanische Kraft liefert. Daß man natürlich immer einige Oefen in Reserve haben muß, um den Betrieb nicht in Stocken gerathen zu lassen, wenn einige Retorten schadhaft werden, versteht sich von selbst.

Die vorher zur Kirschrothgluth erhitzten Retorten, werden mittelst einer langen, halbrunden, eisenblechenen Schaufel beschickt. Man schiebt letztere, nachdem sie mit Steinkohlen vollgepackt ist, bis auf den Grund der Retorten ein

Fig. 15 c.



Gasretortenofen. Durchschnitt durch die mittlere Retorte.
A A Retorte. B Kopfstück. C Ableitungsrohr für die Destillationsproducte. D Theerrohr. e Fuchs, durch welchen die Flamme oberhalb der Retorte gelangt. E Abzugskanal nach dem Schornsteine. (NB. Die sogenannten Kreuzmuffe an den Ableitungsröhren erleichtern sehr wesentlich die Reinigung derselben, wenn sie sich durch Festbrennen des Theers verstopft haben sollten.)

und dreht sie alsdann um ihre Achse, wodurch ihr Inhalt herausfällt. Dies ist natürlich bei ⌓ förmigen Retorten unzulässig. Hier muß die Kohle eingeschaufelt werden.

Unterdessen ist der abgeschrägte Rand des genau passenden, eisernen Deckels mit feuchtem Lehm bestrichen worden. Wird er nun mittelst einer starken Druckschraube, die durch zwei an der Retorte befestigte Bügel durchgeht, angedrückt, so erhält man einen vollständig gasdichten Schluß. Dieses Anpressen kann auch durch Kniehebel ꝛc., indessen kaum so leicht und sicher bewirkt werden.

Ein Gaswerk, das mit Vortheil arbeiten will, muß darauf sehen, aus einem bestimmten Gewicht Steinkohlen möglichst viel, aber auch möglichst leuchtende Gase zu erzielen. Sehr viel hängt dabei von der Wahl der richtigen Steinkohlensorten, ebenso viel, wo nicht mehr, jedoch von der Temperatur und der Art ihrer Behandlung ab. Eine gute Leuchtkraft zeigt sich besonders dann nöthig, wo das Gas nicht nach dem verbrauchten Volumen, sondern nach der Brennzeit verkauft wird. Da jetzt indessen meistens die erstere Art des Verkaufs üblich ist, es den Gasanstalten daher nur angenehm sein kann, wenn viel consumirt wird, so kann nur die Concurrenz oder die allgemeine Stimme des Publikums dieselben veranlassen, dem Punkte der Leuchtkraft ihre besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Die Wahl der Steinkohlen betreffend, sucht man auf dem Continente eine Steinkohle auszuwählen, die fett, glänzend und backend ist, und eine lange Flamme giebt. Vielfältig werden zum Zweck der Vergasung englische Steinkohlen eingeführt, von denen wieder die Cannelkohle von New-Castle und die Boghead-Kohle aus Schottland die beliebtesten sind.

Die Cannelkohle ist eine reine Pechkohle, dunkelglänzend und giebt nur in großen Stücken unvollkommene Coaks.

Die Bogheadkohle ist streng genommen nur ein Kohlenschiefer, braun und matt, von schiefrigem Bruche, kurz mehr stein- als kohlenartig aussehend.

Wird sie bei niederer Temperatur destillirt, so läßt sie fast nur die unorganischen Bestandtheile zurück und gewährt eine reiche Ausbeute an Theerölen. Bei der zur Gaserzeugung angewendeten Temperatur giebt sie dagegen eine große Menge eines stark leuchtenden Gases. Es scheint, daß diese Gaskohlen jüngeren Bildungen angehören und demnach, bei weniger vorgerücktem Vermoderungsprocesse, noch reich an Wasserstoff und Sauerstoff sind.

Manche Sorten böhmischer Braunkohle sind von Cannelkohle kaum anders als geognostisch zu unterscheiden und würden sich jedenfalls zur Gaserzeugung vortrefflich eignen, wenn die continentalen Gasgesellschaften auf den Gewinn aus den Coaks verzichten könnten.

Was nun die Erzeugung einer möglichst großen Menge Gas anbelangt, so erscheint es den practischen Erfahrungen nach am angemessensten, die Temperatur in den Retorten nahezu an der Grenze einer hellen Kirschrothgluth zu halten, wo der eigentliche Doppelkohlenwasserstoff eben noch nicht zersetzt wird, dann aber auch das erzeugte Gas möglichst rasch aus den Retorten zu entfernen. So wird einerseits die übermäßige Theerproduction vermindert, andererseits die Destillationszeit und damit die Kosten der Gaserzeugung sehr verringert.

Man braucht weniger Oefen und Retorten und erzeugt eine große Menge von Gas von genügender Leuchtkraft.

Gegen Ende der Destillation vermindert sich die Leuchtkraft sehr bedeutend, indem zuletzt fast nur noch Wasserstoffgas entwickelt wird. Es würde nutzlose Verschwendung an Heizmaterial sein, wenn man die Destillation nicht schon vor diesem Zeitpunkte abbrechen wollte.

Die rasche Entfernung des Gases aus den Retorten wird jetzt meistentheils durch besondere Pumpen bewirkt und dadurch zugleich der Gasdruck in den Retorten auf $\frac{1}{2}$—1″, also auf ein Minimum, herabgebracht.

Es sind dies entweder Glocken- oder rotirende Pumpen. Erstere bestehen aus zwei oder mehreren gasdichten Glocken, die an den Kurbeln einer langsam rotirenden Welle befestigt sind und daher abwechselnd gehoben und gesenkt werden. Sie sind unten mit Wasser abgesperrt, und in dieselben münden 2 Röhren ein, von denen die eine, welche das Gas von den Retorten zuführt, mit einem nach außen, die andern, welche mit der Leitung communicirt, mit einem nach innen sich öffnenden Ventile versehen ist. Wird durch das Heben der Glocke der abgesperrte Raum vermehrt, so wird das Gas aus den Retorten angesaugt, um beim Herabgehen durch die zweite Röhre zu entweichen.

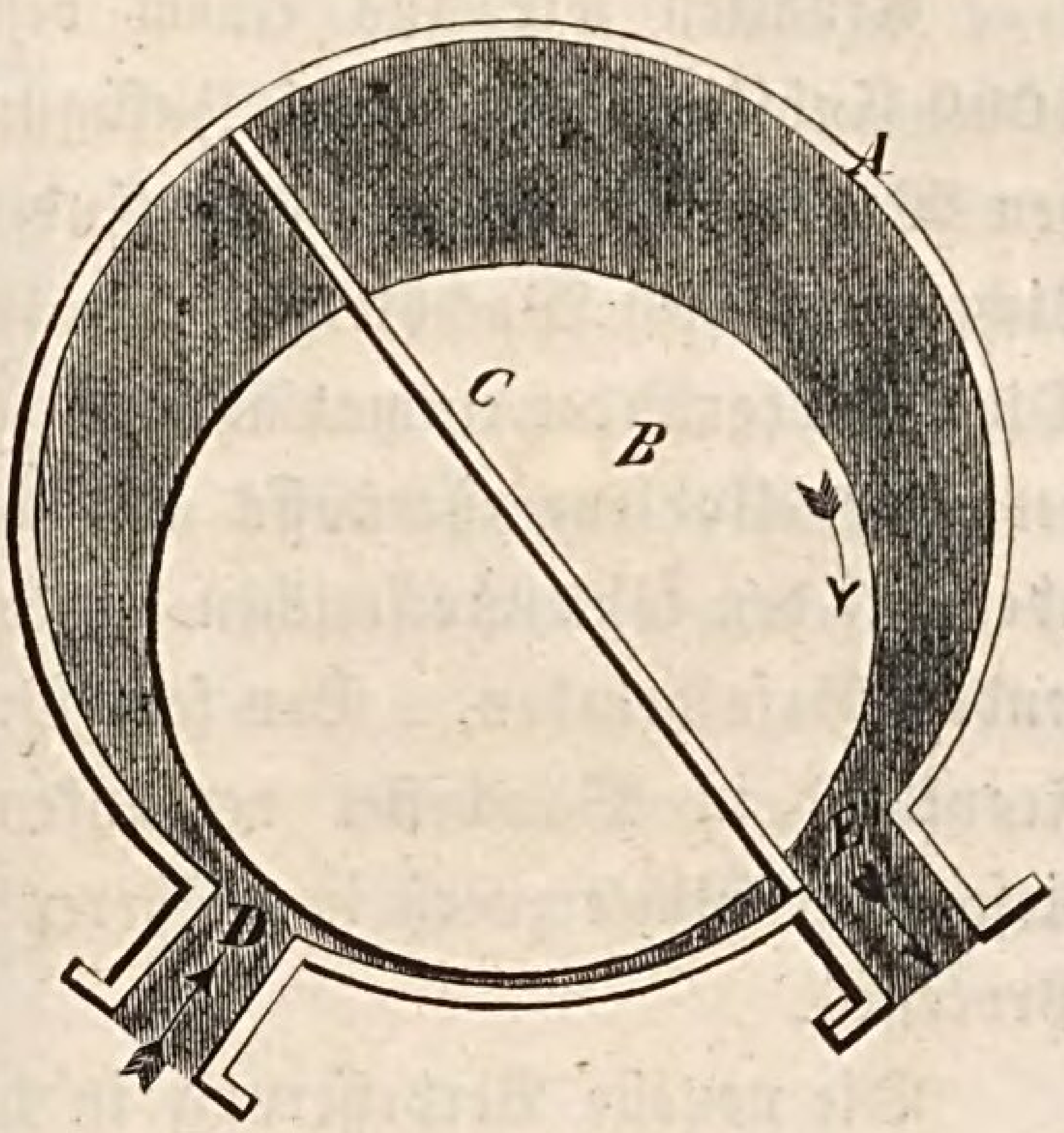
Die rotirenden Exhaustoren arbeiten sicherer und regelmäßiger; sie sind nach dem Princip der direct wirkenden, rotirenden Dampfmaschine gebaut. (S. Fig. 16. p. 79.)

Sie bestehen aus einem hohlen, gut ausgebohrtem Cylinder A, in welchem sich excentrisch ein zweiter kleinerer B dreht. Durch die Achse des Cylinders A, demnach durch einen excentrisch gelegenen Schlitz des Cylinders B, geht eine Platte C, die sowohl an die Wände und Deckel des Cylinders A, als auch in den Schlitz von B sehr gut eingeschliffen ist.

D ist das Rohr, welches das Gas von den Retorten zuführt, E dasjenige, welches es abführt.

Das Spiel des Apparats begreift sich leicht aus der Zeichnung. Die eine Hälfte des durch die Cylinderwände und die Platte begrenzten Raumes, die mit D in Verbindung steht, erweitert sich bei der Drehung continuirlich, bis die Platte über D hinaus passirt ist; die andere dagegen, die mit E in Verbindung steht, verkleinert sich bis fast auf Null und hierdurch wird das in ihr abgeschlossene Gas nach den Leitungen hingedrückt. Die Bewegung der Pumpen wird dadurch mit der Entwickelung des Gases in Einklang gebracht, daß man das Zuleitungsrohr mit einer Abzweigung versieht, welche in einen kleinen Gasometer mündet, der mittelst einer Spindel und Hebelverbindung auf das Drosselventil der Dampfmaschine wirken kann.

Fig. 16.



Rotirender Exhaustor.

Steigt der Gasdruck in den Retorten, so hebt sich auch der Gasometer und öffnet das Drosselventil, fällt er unter den normalen Druck, so wird das Drosselventil geschlossen und die Bewegung der Pumpe verlangsamt.

Sind alle Theile gut im Stande, so wird man am angebrachten Manometer kaum irgend eine Schwankung bemerken. Durch einen Ueberdruck von etwa $1/2$—1" Wasserhöhe in den Retorten vermeidet man das Eindringen von Feuerluft in die Retorten, die das Gas etwas verschlechtern würde.

Die Furcht, daß durch zu lebhafte Wirkung der Exhaustoren dem Gase Sauerstoff beigemengt werden würde, und daß dann Explosionen eintreten könnten, ist völlig unbegründet, indem derselbe beim Passiren durch die weißglühenden Retorten jedenfalls verbrennen würde.

Bei der ausgezeichneten englischen Bogheadkohle, die ein sehr schweres, starkleuchtendes Gas liefert, ist noch eine andere Methode anwendbar.

Leitet man Wasserdampf über starkglühende Coaks oder Holzkohlen, so zerlegt sich derselbe damit in Kohlenoxyd und Wasserstoffgas, Gase, die natürlich sehr billig zu stehen kommen.

Man leitet sie nunmehr durch die mit Steinkohlen beschickten Leuchtgasretorten und erhält so ein sehr großes Volumen eines Gasgemisches von mittlerer, aber genügender Leuchtfähigkeit. Das erzeugte Licht soll

weißer sein, als das von reinem Bogheadkohlengase, weil dieses Gas unverbrannten Kohlenstoff ausscheidet, der die Flamme röthlich färbt.

Vergleicht man die Total-Lichtmenge des reinen und des auf diese Weise mit Wasserstoff und Kohlenoxyd gemengten Gases, so findet man, daß die letztere bei weitem größer ist.

Erhalten wir aus einem bestimmten Gewichte Bogheadkohle z. B. 1000 Cubikfuß Gas, durch Zufügung dieser an und für sich nicht leuchtenden Wassergase dagegen 2000 Cubikfuß, so werden die ersteren vielleicht das Licht von 2400 Wachskerzen, die letzteren dagegen das von 3000 liefern. Dies ist begründet einmal auf der sehr raschen und wirksamen Austreibung des Doppelkohlenwasserstoffs aus den hocherhitzten Retorten, andererseits aber auf den kohlenstoffreichen Theerdämpfen, mit denen sich die nicht leuchtenden Gase beladen. Den sehr sorgfältigen Untersuchungen des Professor Frankland in Manchester verdanken wir die wissenschaftliche Begründung dieses von White zuerst in größerer Ausdehnung in die Praxis eingeführten Processes.

Die neueste Verbesserung in der Gasdestillation besteht in der Anwendung von sehr langen Retorten, die man dadurch erhält, daß zwei an beiden Seiten offene Retorten in der Mitte des Ofens zusammengestoßen werden, während man den beiden andern Enden Ansatzstücke zum Abführen giebt. Man erhält so Retorten von 16 Fuß Länge, in denen indessen das erzeugte Gas nur einen Weg von höchstens 8 Fuß über die erhitzten Wände zurückzulegen hat.

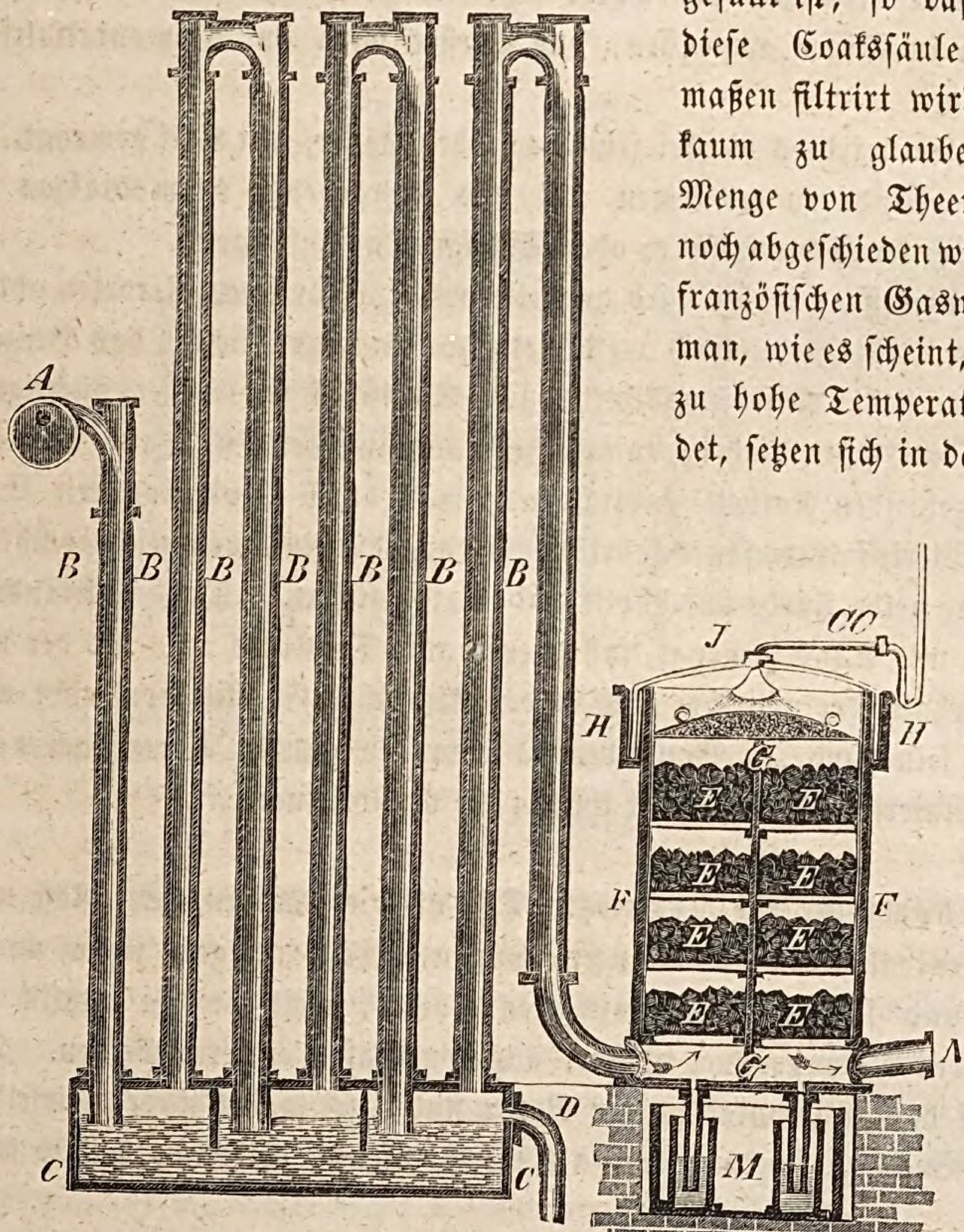
Sollte der Graphit lästig werden, so kann man ihn durch Offenlassen beider Deckel leicht ablösen und durch Stangen oder Haken entfernen.

2. Mechanische Reinigung des Gases. (S. Fig. 17 p. 81.)

Die Producte der Destillation nehmen ihren Weg durch ein weites eisernes Rohr, das vom gußeisernen Kopfstücke der Retorte mehrere Fuß hoch aufsteigt und sich dann wieder herabbiegt. Die Röhren sämmtlicher Retorten münden in ein gemeinsames horizontales Rohr, das zur Hälfte mit Theer angefüllt ist, und tauchen in diese Flüssigkeit 1—2 Zoll ein, so daß dadurch das Zurücktreten des Gases beim Oeffnen der Retorten unmöglich gemacht wird. Schon hier schlägt sich der größte Theil des Theers nieder und läuft durch ein seitliches *S*förmig gekrümmtes Rohr ab. Der Rest desselben scheidet sich in den Condensatoren aus, welche meistens nur aus einer langen Röhrenleitung bestehen, die vollkommen frei von der Luft umspült wird.

Seltener geschieht es, daß zuletzt noch eine Kühlung durch Wasser angewendet wird, indem die Leuchtkraft des Gases durch zu starke Abkühlung leicht nicht unbedeutend vermindert werden könnte. Auch läßt man wohl schließlich das Gas durch einen weiten senkrechten Cylinder aufsteigen, der mit grob zerschlagenen Coaks angefüllt ist, so daß es durch diese Coakssäule gewissermaßen filtrirt wird. Es ist kaum zu glauben, welche Menge von Theer hierdurch noch abgeschieden wird. In den französischen Gaswerken, wo man, wie es scheint, eine etwas zu hohe Temperatur anwendet, setzen sich in den Conden-

Fig. 17.



Rohren- und Coaks-Condensator.

A Rohr, das von den Retorten kommt. B B 2c., Kühlröhren. C C Theerbassin, durch Scheidewände in 3 Abtheilungen getheilt, in welche je 2 Kühlröhren münden. D Abflußrohr für den Theer 2c. F Coaksbehälter. E Coaks, auf Sieben liegend. G G Scheidewand, welche das Gas auf- und abzusteigen zwingt. I Deckel mit Wasserverschluß durch die Rinne H H. L Rohr mit Brause, zur Erzeugung eines feinen Regens im Coaks-Condensator. M Bassins, welche das Wasser und die Producte der Condensation aufnimmt. N Rohr, welches das Gas abführt.

satoren oft große Mengen von fast reinem, kristallisirtem Naphtalin ab, einer campherartigen Substanz, die mit rother, rußender Flamme verbrennt und

diese Eigenschaften in geringem Grade auch dem Leuchtgase mittheilt. Hier muß man für Vorrichtungen Sorge tragen, diese Absätze von Zeit zu Zeit beseitigen zu können. Uebrigens muß die Röhrenleitung immer so geneigt sein, daß die condensirten Flüssigkeiten leicht nach dem tiefsten Punkte zusammenfließen können. Sie sammeln sich gemeinschaftlich in einem großen Bottich an; der Theer setzt sich zu Boden und wird durch einen Hahn in Fässer abgelassen, das Wasser wird an Ammoniaksalzfabriken verkauft.

Am besten wird es hierbei sein, das Theerwasser, mit Kalk gemengt, in einer Blase gelinde zu erwärmen und das übergehende Ammoniakgas in mäßig verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure aufzufangen.

Der abgelassene Theer wird aus eisernen, cylindrischen Retorten abdestillirt; das Destillat, vielfach rectificirt und gereinigt, liefert das Benzol, welches das beste Auflösungsmittel für Kautschuk ist. Der flüchtigere Theil des Oeles kann auch in Lampen gebrannt werden, und aus dem bei 180° übergehenden Antheile endlich stellt man durch Oxydation mit Salpetersäure Pikrinsalpetersäure fabrikmäßig dar, die eine ausgezeichnet schöne und haltbare gelbe Farbe auf Wolle und Seide liefert. Das rückständige Pech giebt, mit Sand gemengt, fast ebenso gute Trottoirs ꝛc., als der natürliche Asphalt, der von ihm auch in der chemischen Constitution nicht viel verschieden sein dürfte. Sonst benutzt man den ganzen Theer auch wohl als Brennmaterial oder verkauft ihn an die Rußbrenner.

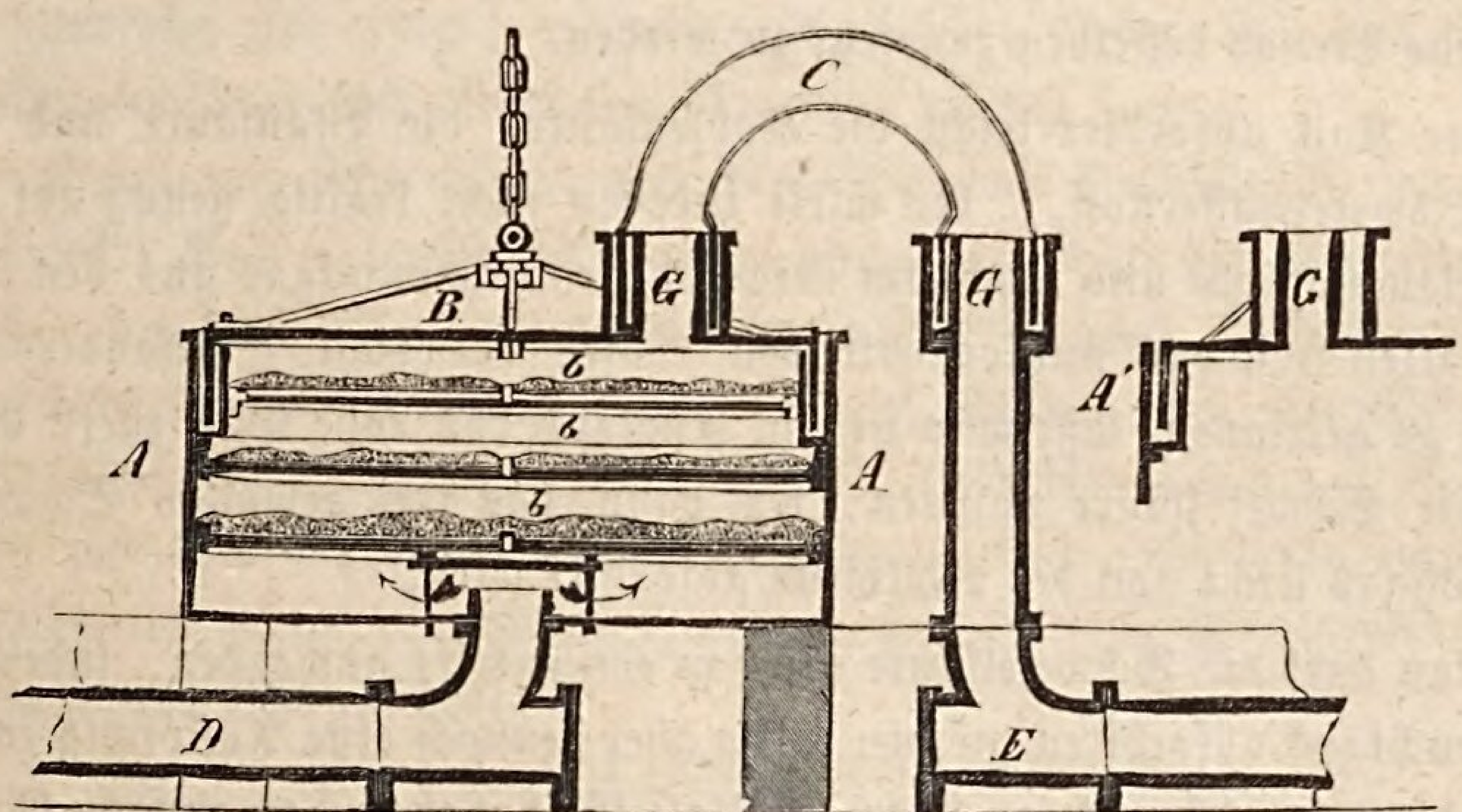
3. Chemische Reinigung. Die oben erwähnten, Stickstoff und Schwefel enthaltenden Substanzen müssen, theils wegen ihrer unangenehmen und schädlichen Eigenschaften, theils, weil sie ein nützlich zu verwerthendes Nebenproduct liefern, aus den Gasen entfernt werden. Da sie bis auf das Ammoniak saurer Natur sind, so lag es nahe, dieselben durch eine Basis zu binden, und als die wohlfeilste derselben wählte man den Kalk.

Zu diesem Ende wurde derselbe früher meistens zu einer dünnen Kalkmilch gelöscht, durch welche das Gas durchpassiren mußte. Die Gasröhre taucht dazu mehrere Zoll tief in die Kalkmilch ein, die sich in einem gasdichten Behälter befindet, und erweitert sich nach unten trichterförmig. Der unterste Rand ist meistens scheibenförmig ausgebreitet und mit feinen Löchern durchbohrt, durch welche das Gas in kleine Blasen vertheilt wird. Durch eine Flügelwelle wird die Kalkmilch immer aufgerührt. Zugleich werden dadurch die Gasblasen mitgenommen und steigen nicht gerade, sondern

spiralförmig auf, wodurch natürlich ihre Berührung mit der Kalkmilch sehr verlängert wird.

Um den zu hohen hydrostatischen Druck zu vermeiden, wird jetzt in vielen Gaswerken eine Art archimedischer Schnecke angewendet, welche das Gas unter die Flüssigkeit drückt. Ohne alle mechanische Kraft erreicht man dasselbe, indem man auf Horden ausgebreiteten, zerfallenen Kalk benutzt.

Fig. 18.



Kalkreiniger.
A Gußeiserner Kasten mit Kalkhorden b b b. B Deckel dazu, mit hydraulischem Schluß. C Verbindungsrohr, welches nach der Erschöpfung des Kastens A nach Kasten A' übergesetzt wird. D Zuleitungsrohr. E Ableitungsrohr. G G G Hydraulische Verschließungen.

Die Horden sind in luftdicht verschlossenen, eisernen Kästen eingesetzt, durch welche das Gas langsam durchpassirt. Die Methode, mit Kalkmilch besprengtes Heu anzuwenden, scheint verlassen zu sein. Der bei dieser Reinigung entstehende, sogenannte Gaskalk riecht äußerst unangenehm. Das in ihm enthaltene Schwefelcalcium oxydirt sich an der Luft sehr rasch zu unterschwefligsaurem und schwefligsaurem Kalke, und er kann dann als Material für die Salze dieser Säuren benutzt werden.

Gewöhnlich wird er im Aschenfall der Retortenfeuerung zur Trockne gebracht und dann als Dünger verkauft. Am besten ist es, wenn man ihn in einem Flammofen calcinirt, bis er zum größten Theile in Gyps übergegangen ist.

Die Absorptionskraft des Kalkes soll wesentlich erhöht werden, indem man ihn mit schwefelsaurem Natron oder Glaubersalz mischt. Er zerlegt sich damit in Gyps und Aetznatron, welches nun viel kräftiger auf den Schwefelwasserstoff reagirt. Das erzeugte Schwefelnatrium könnte durch

Auslaugen gewonnen und durch Oxydation an der Luft, Abdampfen und Glühen wieder in schwefelsaures Natron verwandelt werden.

Auch der Zusatz von billigen zuckerhaltigen Flüssigkeiten, z. B. von Melasse, ist vorgeschlagen worden. Es entsteht dabei Zuckerkalk, der leicht löslich ist und fast so alkalisch reagirt, wie Aetzkali oder Natron. Wird der Kalk daraus durch Kohlensäure oder Schwefelwasserstoff ausgeschieden, so sättigt sich der Zucker von neuem mit Kalk, und es braucht daher stets nur eine kleine Menge desselben zugesetzt zu werden.

Der Kalk absorbirt leicht die Kohlensäure, die Blausäure und den freien Schwefelwasserstoff. Er wirkt indessen nicht kräftig genug auf das Schwefelammonium und macht im Gegentheile Ammoniakgas aus den Ammoniaksalzen frei, das nutzlos mit den Gasen entweicht. Besonders um letzteres zu gewinnen, läßt man jetzt in England das rohe Gas zuerst durch verdünnte Schwefelsäure passiren, wo dann das frei gemachte Schwefelwasserstoffgas leicht von der Kalkmilch absorbirt wird.

Man darf die Schwefelsäure nicht zu concentrirt anwenden, indem sie sonst Leuchtgas absorbiren möchte. Um aber dennoch eine Auflösung zu erhalten, die möglichst reich an Ammoniaksalz ist, hat man das einfache Mittel ergriffen, der beinahe neutralisirten Lösung von Zeit zu Zeit kleine Mengen concentrirter Schwefelsäure zuzufügen, bis endlich das schwefelsaure Ammoniak herauszukristallisiren anfängt.

Indessen wird auch hierdurch die Leuchtkraft etwas vermindert, indem das Ammoniak entweder als Träger für die Kohlenwasserstoffe dient oder, was wahrscheinlicher ist, indem auch die flüchtigen, stark leuchtenden Alkaloide, wie Anilin, Leukolin &c. ausgeschieden werden.

Wenn man hier Säure und Basis nacheinander auf das Gas einwirken ließ, so lag es im Gegentheil nahe, beide zugleich oder vielmehr in Verbindung mit einander, also ein Metallsalz anzuwenden. Schwefelsaures Eisenoxydul oder Eisenvitriol und Schwefelammonium geben schwefelsaures Ammoniak und Schwefeleisen. Ganz analog wirkt das Chlormangan, welches bis jetzt ein unbenutzter und oft lästiger Abfall der Chlorbereitung aus Salzsäure und Braunstein gewesen ist.

In Gegenden, wo die Kattunfärberei florirt, sind oft große Mengen von schwefelsaurem Bleioxyd disponibel, das bei der Bereitung der essigsauren Thonerde aus schwefelsaurer Thonerde und essigsaurem Bleioxyd als feiner, weißer Niederschlag sich absetzt. Es absorbirt das Schwefelwasserstoffgas sehr energisch.

Leider sind die so entstandenen Ammoniaksalze nur schwierig von einem kleinen Metallgehalte zu befreien.

Bei Anwendung der verdünnten Schwefelsäure und der Metallsalzlösungen erlaubt es ihre Dünnflüssigkeit, dieselben als feinen Regen herabfallen zu lassen, durch welchen das Gas hindurchpassirt.

Es bleibt hier noch übrig, eine in neuerer Zeit von Laming angegebene Reinigungsmethode zu erwähnen, die das lebhafteste Interesse durch die sinnreiche Art erregt, wie ein und dieselbe Menge Reagens in seiner Wirksamkeit unendlich oft wieder hergestellt werden kann.

Wenn man Eisenchlorid und Aetzkalk in dem Verhältnisse von 3 Aeq. Kalk auf 1 Aeq. Eisenchlorid*) mengt, so erhält man bei Gegenwart von Wasser einerseits Chlorcalcium, andererseits Eisenoxyd. Setzt man dieses angefeuchtete, pulverförmige Gemenge auf Horden der Einwirkung des rohen Leuchtgases aus, so giebt erstens die Kohlensäure und das Ammoniak darin mit dem Chlorcalcium, kohlensauren Kalk und Chlorammonium. Andererseits giebt der Schwefelwasserstoff mit dem Eisenoxyde Wasser, Schwefel und Schwefeleisen.

$$ClCa + AmO + CO^2 = CaO + CO^2 + ClAm.$$
$$3SH + Fe^2O^3 = 3HO + S + 2FeS.$$

Ist nach längerer Zeit diese Umsetzung vollendet, so ist es nur nöthig, das Gemenge einige Zeit der Luft ausgesetzt zu lassen. Das Schwefeleisen oxydirt sich alsdann zu schwefelsaurem Eisenoxydul; dies setzt sich mit dem kohlensauren Kalk in schwefelsauren Kalk und Eisenoxydul um, das sich dann leicht weiter zu Eisenoxyd oxydirt, während die Kohlensäure frei wird.

$$2FeS + 8O = 2FeO + SO^3$$
$$2(FeO + SO^3) + 2(CaO + CO^2) = 2(FeO + CO^2) + 2(CaO + SO^3)$$
$$2FeO + CO^2 + O. = Fe^2O^3 + 2CO^2.$$

Der entstandene schwefelsaure Kalk setzt sich mit dem kohlensauren Ammoniak ebenso leicht um, als das Chlorcalcium; man hat also ein Gemenge, das wieder ebenso wirksam ist, als das ursprünglich angewendete. Statt des Eisenchlorids wird man daher ebenso gut Eisenvitriol anwenden können.

Hat sich allmälig viel Ammoniaksalz in dem Gemenge angehäuft, so braucht man es blos mit Wasser auszuziehen und kann den Rückstand dann von neuem verwenden.**)

---

*) Auf 1 Theil Kalk 2 Theile trockenes Eisenchlorid.

**) Versuche mit einem derartigen Gemenge, welches vielleicht 20—30mal in der Breslauer Gasanstalt angewendet worden war, ergaben nur 3% Ammoniak,

Es wäre der Mühe werth, zu untersuchen, ob nicht in der Mutterlauge dieser Ammoniaksalze Jod und Anilin sich auffinden ließen. Ersteres ist bekanntlich von Duflos in den Steinkohlen Schlesiens aufgefunden worden. Der größeren Vertheilung halber werden dem Gemenge Sägespähne in bedeutenden Quantitäten zugesetzt.

Die meisten Gasfabriken begnügen sich mit dieser Reinigung; einige aber, die sehr schwefelreiche Steinkohlen verarbeiten, leiten das Gas, um es von Spuren von Schwefelkohlenstoff zu befreien, noch durch Röhren, die mit Schwefelstücken angefüllt sind.

4. Aufsammlung und Vertheilung des Gases. Das so gereinigte Gas wird nun in großen Gasometern, (richtiger Gasbehälter, Gasholder) aufgefangen, wie sie Fig. 19, pag. 87 zeigt. Dies sind große aus Eisenblech zusammengenietete und durch einen mehrfachen Theeranstrich luftdicht gemachte, cylindrische Trommeln, die in Wasser umgestürzt sind. Gewöhnlich ist der untere Wasserbehälter aus Gußeisenplatten*) zusammengesetzt und steht auf einem sehr festen Fundamente über dem Boden. Von unten her sind in dieses Bassin zwei weite Röhren eingesetzt, die etwas über den Wasserspiegel hinausreichen; sie können durch Hähne, besser durch Ventile nach Belieben abgesperrt werden.

Durch das eine Rohr strömt das Gas von den Retorten zu, durch das andere fließt es nach den Brennern ab.

Statt die Gasröhren von unten eintreten zu lassen, kann man sie auch an dem Deckel des Gasometers anbringen, muß sie aber dann durch Gelenke und Stopfbüchsen beweglich machen, so daß die Bewegung des Gasometers nicht dadurch gehemmt wird.

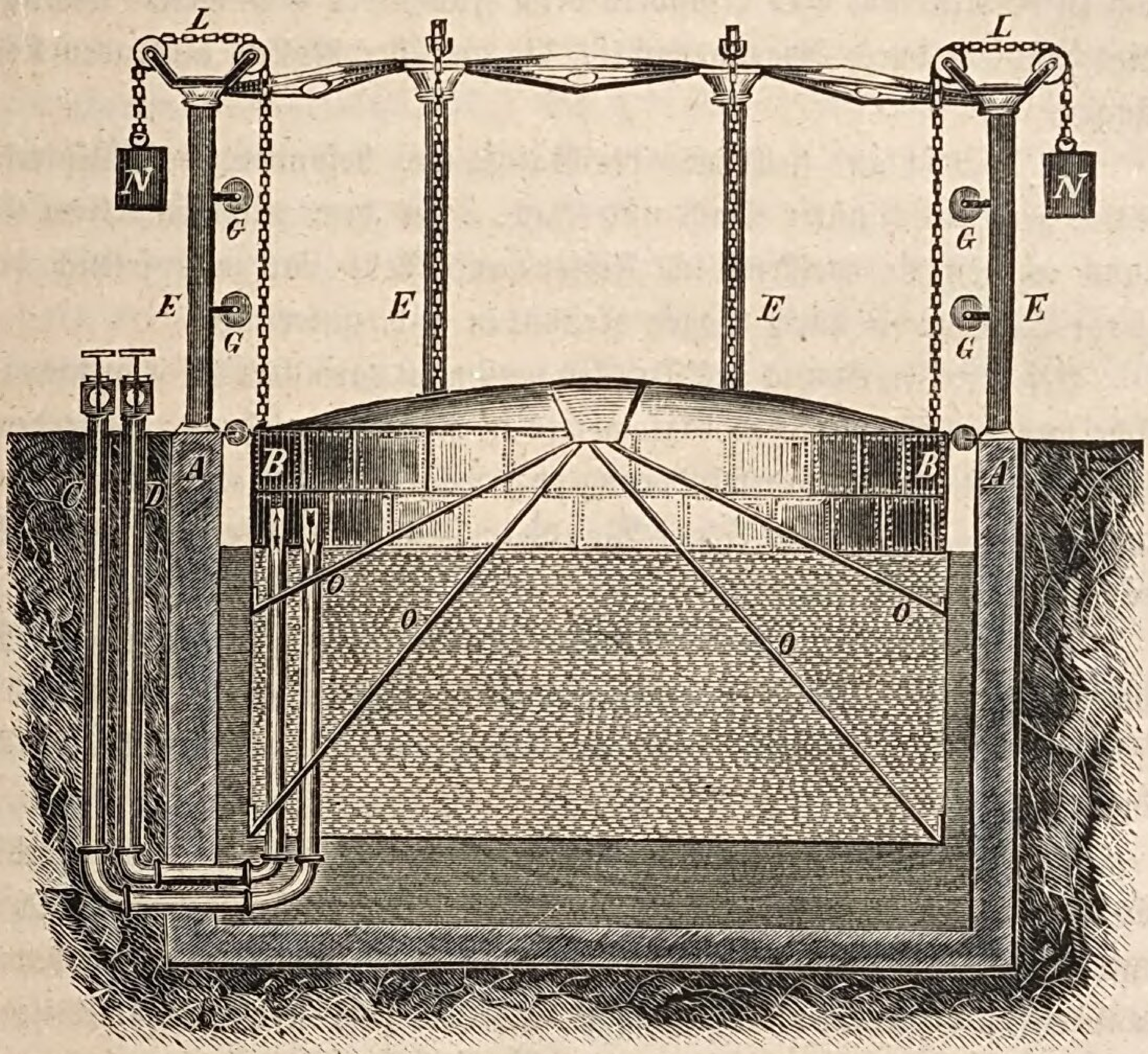
---

wahrscheinlich weil der Regen dasselbe häufig getroffen hatte. Zugleich ergab sich aber darin eine große Menge Schwefelcyancalcium, das wahrscheinlich aus dem absorbirten Schwefelwasserstoff und Cyanwasserstoff entstanden war. Jod, gelang mir in der kleinen Menge, die ich verarbeitete, nicht aufzufinden.

*) Bei zu hohen Eisenpreisen kann man statt dessen auch eine Grube im Boden ausmauern und thut alsdann wohl, um nicht zu viel Wasser nöthig zu haben, auch in der Mitte ein Mauerwerk zu errichten, so daß also nur ein schmaler Ring für das Wasser übrig bleibt, in welchem die senkrechten Wände des Gasometers auf- und absteigen. Es ist dann leicht im Winter durch Einströmen von Dampf diese geringe Menge Wasser vor dem Einfrieren zu bewahren.

In größeren Städten, wo es von Wichtigkeit ist, mit der Bodenfläche möglichst sparsam umzugehen, benutzt man jetzt vielfältig die sogenannten telescopischen Gasometer. Es bestehen dieselben aus einem centralen, einfachen Gasbehälter und einem oder zwei denselben umgebenden Ringen von

Fig. 19.



Gasometer.
A A Gemauertes Bassin. B B Gasometerglocke. C D Gasröhren. E gußeiserne Säulen, zum Halten des Gasometers bestimmt, mit Leitrollen G G G G. L L Ketten mit Gegengewichten N N, zum Contrebalanciren des Gasometergewichtes. o o o o eiserne Spannstangen, um den Gasometer vor Durchbiegungen zu schützen.

nahezu gleicher Höhe. Der untere Rand des inneren Behälters und der obere des äußeren Ringes greifen hakenartig ineinander. Läßt man nun Gas einströmen, so hebt sich zuerst der centrale Theil; ist derselbe völlig gefüllt, so greift er noch unter Wasser in den einwärtsgebogenen Rand des äußeren Ringes ein und nimmt ihn nun mit in die Höhe. Das in der Rinne bleibende Wasser bedingt den gasdichten Schluß. So ist es möglich, ohne den Bottich zu hoch zu machen, auf derselben Grundfläche fast die doppelte Menge Gas aufzufangen.

Beim Entleeren senkt sich zuerst der äußere Ring und dann erst der centrale Theil.

Der Gasometer übt schon durch sein Gewicht einen Druck auf das Gas aus. Sollte es wünschenswerth sein, so kann man auf den Deckel noch Gewichte legen. Gewöhnlicher aber ist es im Gegentheile nöthig, den Druck noch zu vermindern, was besonders beim Füllen des Gasometers wichtig ist. Dies geschieht durch Gegengewichte, die an über Rollen laufenden Ketten hängen.

In Deutschland stellt man die Gasometer, besonders der Winterkälte wegen, gewöhnlich unter Dach und Fach. In dem milderen Klima Englands werden sie meistens im Freien aufgestellt und nur seitlich durch eiserne Säulen, die durch Bogen verbunden sind, unterstützt.

Bei der Berechnung des Druckes muß man vor allem die Durchschnittsfläche und das Gewicht des Gasometers in Rechnung ziehen. Außerdem ist aber auch die Gewichtsverminderung zu erwägen, welche er einerseits durch das allmälige Eintauchen seiner Wände in Wasser, andererseits durch Verdrängung der Luft erleidet.

Der jedesmalige Druck des ausströmenden Gases wird durch ein Manometer angegeben, welches ganz einfach aus einer mit Wasser gefüllten, Uförmigen Röhre besteht, deren eines Ende mit der Hauptröhre in Verbindung gebracht ist.

Gewöhnlich und zweckmäßig beträgt der Druck 1—2" Wasserhöhe. Wo indessen sehr lange und enge Leitungsröhren vorkommen, wo sich bedeutende Niveau-Differenzen zwischen dem Ort der Erzeugung und dem der Consumtion vorfinden, muß häufig, indessen zum großen Nachtheile der Gasgesellschaft, ein Druck bis zu 10" Wasserhöhe angewendet werden, damit das Gas mit gehöriger Energie aus den Brennern ausströmt. Die Gasverluste werden hierdurch so beträchtlich gesteigert, daß man sich theilweise genöthigt gesehen hat, in solchen entfernten Localitäten einen eigenen Gasometer aufzustellen und erst von demselben aus die einzelnen Consumenten zu versehen. Zum Füllen desselben genügt ein sehr geringer Ueberdruck.

Der Druck des Gases ist bei der wechselnden Menge, die zu den verschiedenen Tageszeiten consumirt wird, bedeutenden Schwankungen unterworfen.

Bringen wir unmittelbar am Gasometer ein Manometer an und ein gleiches am Ende der Leitung, so wird ersteres immer einen bedeutend höheren Druck geben als letzteres, eine Druck-Differenz, die indessen bei den

gewöhnlichen Druckgrenzen nahezu dieselbe bleibt, indem sie eben von dem gleichbleibenden Reibungswiderstande in den Leitungsröhren abhängt.

Wenn nun auch der Druck auf den Gasometer constant bleibt, so lange alle Hähne der Brenner geschlossen sind, so fangen doch die beiden angeführten Manometer gleichmäßig an zu sinken, so wie dem Gase durch Oeffnen der Hähne Gelegenheit geboten ist, zu entweichen. Je mehr Brenner angezündet sind, desto niedriger ist der Druck. Er steigt wieder, sobald eine Anzahl Flammen ausgelöscht sind. Bei den älteren Einrichtungen sind daher die Consumenten gezwungen, ihre Flammen sehr häufig durch theilweises Zudrehen der Hähne zu reguliren. Beim Dunkelwerden, wo fast alle Flammen angezündet werden, fällt der Druck sehr rasch, um beim allmäligen Vorrücken der Nacht wieder ebenso rasch zu steigen. Zur Vermeidung dieses Uebelstandes kann man Regulatoren sowohl am Gaswerk, als bei den Consumenten anbringen.

Die bei den englischen Gaswerken gewöhnlich angewendeten Regulatoren haben folgende Einrichtungen. An jedem Hauptröhrenstrange, der das Gaswerk verläßt, befindet sich ein kleiner Gasometer, der durch eine Zweigröhre gespeist wird, und der nach dem herrschenden Druck steigt und fällt.

Eine auf demselben angebrachte Spindel trägt einen Bleistift, der sanft auf einem Papierblatte hingleitet, das um einen kleinen, senkrecht stehenden Blechcylinder herumgeschlagen ist. Denken wir uns nun das Papierblatt mit aufgedruckten, senkrechten und horizontalen Linien versehen, von denen die ersten den 24 Stunden des Tages, die andern den Zollen Wasserhöhe entsprechen, denken wir uns ferner, daß der Cylinder eine langsame Drehung um seine Axe durch ein Uhrwerk in 24 Stunden vollendet, so begreifen wir, daß der erwähnte Bleistift auf dem Papier eine zusammenhängende Linie beschreiben muß, die bei wechselndem Druck eine Reihe von mehr oder weniger steilen Curven, bei gleichbleibendem eine nahezu gerade Linie darstellt. Es ist die Sorge des bestellten Aufsehers, dies durch Drehen der Hähne in allen Hauptröhren soweit als möglich zu erreichen. Der Apparat ist demnach, streng genommen, nur zum Controliren seiner Thätigkeit vorhanden; die Eintheilung des Papierblattes in Stunden erlaubt dem Chef des Gaswerkes nachzuweisen, zu welcher Zeit der Aufseher seine Pflicht versäumt. Die von den Consumenten zur Druckregulirung angewendeten Apparate basiren sich theils auf eingeschaltete kleine Gasometer, die mit einem bestimmten Gewicht belastet sind, und durch deren Steigen die Mündung des Einströmungsrohrs mittelst eines sich darin bewegenden conischen Dorns mehr oder weniger verschlossen wird, theils auf der Anwendung von Metallstäben,

die sich durch die Hitze einer übermäßig großen Flamme ausdehnen und den Ausströmungshahn theilweise schließen. Man könnte auch die erwähnten kleinen Gasometer so einrichten, daß durch ihr Steigen das nach unten gebogene, schief abgeschnittene Ausströmungsrohr durch partielles Eintauchen in eine Rinne mit Wasser verschlossen würde.

Um außerdem die Totalmenge des abgegebenen Gases zu controliren, finden wir in den meisten besseren Gasanstalten einen colossalen Gasmesser eingeschaltet, der ganz nach dem Princip der unten zu erwähnenden Gasuhren construirt ist. Seine Umdrehungen werden auf Zifferblättern markirt, von denen man direct die Anzahl der durchpassirten Cubikfuß Gas ablesen kann. Wird ein solcher Apparat zwischen Retorten und Gasometer eingeschaltet, so dient er zugleich als Controle für die Arbeiter, indem ein zeitweiliges Nachlassen der Entwickelung anzeigt, daß sie das Schüren z. B. während der Nacht vernachlässigt haben.

Die Leitung des Gases bis an den Ort seines Verbrauchs geschieht in gußeisernen Röhrenleitungen, die so tief in den Boden versenkt werden, daß der Frost und die Erschütterung durch Wagen auf sie keinen merklichen Einfluß üben. Um sie gasdicht zu machen und zugleich vor der Oxydation zu bewahren, werden sie mehrmals mit heißem Steinkohlentheer überstrichen. Jedes einzelne Rohr ist mit einer Art Muff an dem einem Ende versehen, in welchen das andere Ende des folgenden Rohres eingeschoben wird. Der Zwischenraum wird entweder mit Blei vergossen oder mit getheertem Hanfwerg ausgestopft, worauf man Bleiringe mit dem Meißel einkeilt. Vielleicht ist die Zeit nicht fern, wo man weite Glasröhren anwendet, die mittelst vulcanisirter Kautschuckringe mit einander verbunden werden.

Die engeren Röhren, welche sich nach den einzelnen Brennern abzweigen, sind aus Schmiedeeisen oder aus Blei gefertigt. Letztere bieten den Uebelstand dar, daß sie beim Entstehen eines Feuers in dem mit Gas beleuchteten Locale abschmelzen und die Gefahr bedeutend vermehren.

So soll das bekannte Kroll'sche Local in Berlin besonders durch diesen Umstand so reißend rasch eine Beute der Flammen geworden sein. In Paris entstand einmal eine sehr heftige Gasexplosion dadurch, daß eine Ratte, deren Höhle durch eine solche Bleiröhre zufällig versperrt worden war, dieselbe durchfraß, wo natürlich das ausströmende Gas sich mit der atmosphärischen Luft mengen und ein höchst explosives Gemenge bilden mußte.

Um endlich die verschiedenen Sorten Brenner zu erwähnen, so ist erstens der einfache Strahlbrenner nichts weiter, als eine ungefähr schweinsborstendicke Oeffnung, aus der das Gas ausströmt.

Schneidet man in den Kopf des messingenen oder schmiedeeisernen Ansatzstückes eine Spalte ein, so erhält man den sogenannten Fledermausflügel, eine breite, oben etwas ausgezackte Flamme, die wegen ihrer größeren Oberfläche viel mehr Licht ausstrahlt. Eine ähnliche Flamme erzielt man, indem man in den Brennerkopf 2 runde Oeffnungen einbohrt, die sich etwas gegen einander neigen; die hervordringenden Gasströme platten sich dann gegen einander ab, und die Flamme zeigt die Form eines Fischschwanzes, wovon sie auch den Namen hat. Der Argandsche Brenner besteht in einem hohlen Ringe, der oben mit einer Platte verschlossen ist, in welche sehr viele kleine Oeffnungen dicht neben einander eingebohrt sind. Indem das Gas durch dieselben ausströmt, wird eine sehr schöne, ringförmige Flamme gebildet, besonders wenn durch Aufsetzen eines Zugrohrs für Regelung des Luftzutritts Sorge getragen ist.

Am brillantesten erscheint der sogenannte Budebrenner, der aus mehreren solchen, in einander geschachtelten Argandschen Brennern besteht. Damit die inneren Flammen nicht durch die äußeren verdeckt werden, müssen die letzteren etwas tiefer angebracht sein. Diese Art Brenner eignet sich besonders gut zur Beleuchtung großer öffentlicher Plätze.

In neuester Zeit fertigt man besonders die Argandschen Brenner, statt aus Messing, aus Porcellanmasse an. Dieselben sind der Oxydation und dem Ausbrennen der feinen Gasöffnungen nicht unterworfen, halten sich sehr lange und erhöhen die Lichtstärke dadurch, daß sie bedeutend weniger Wärme der Flamme entziehen.

Bei Anwendung von Zuggläsern ist es rathsam, um das Flackern der Flamme durch zufällige Luftströmungen zu vermeiden, dieselben unten durch ein feines Drathnetz zu verschließen.

Eine sehr sinnreiche Einrichtung sei noch hier erwähnt, welche der Sicherheit halber an jedem Brenner angebracht sein sollte. Es sind schon häufig dadurch Unglücksfälle entstanden, daß eine Gasflamme durch einen Windstoß ꝛc. verlöschte, ohne daß der Hahn zu gleicher Zeit geschlossen wurde. Das ausströmende Gas sammelte sich in größerer Menge in den zu beleuchtenden Räumen an, mischte sich mit atmosphärischer Luft und bildete so ein explosives Gemenge, das nun bei Annäherung eines Lichtes mit furchtbarer Gewalt detonirte. Man kann diesen Unfällen leicht dadurch vorbeugen, daß man in der Zuleitungsröhre unmittelbar unter dem Brenner ein kleines Kugelventil anbringt, das durch einen eisernen Stift niedergehalten wird, der mit einem Messingdrathbügel fest verbunden ist. Dieser Bügel wird durch den von der Flamme aufsteigenden heißen Luftstrom stark

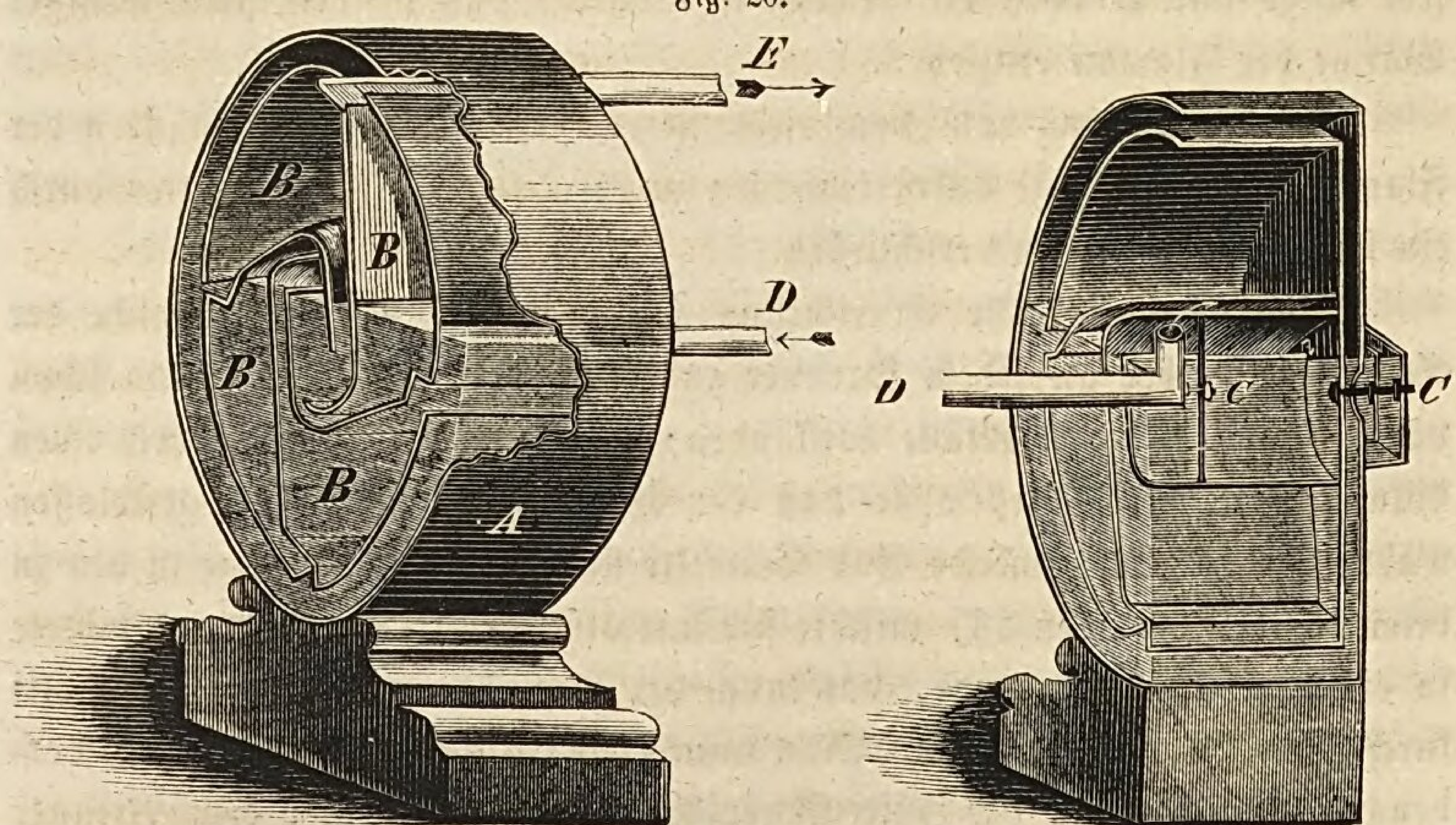
erhitzt, dehnt sich aus und hebt das Ventil. Sobald die Flamme erlischt, kühlt er sich in wenig Secunden ab und drückt das Kugelventil fest nieder, wodurch der Gaszufluß augenblicklich unterbrochen wird.

Will man die Flamme wieder entzünden, so ist es nur nöthig, den Bügel durch einen brennenden Fidibus ꝛc. wenige Augenblicke zu erhitzen.

Verschiedene Versuche sind gemacht worden, um die großen Anlagekosten für längere Röhrenleitungen zu ersparen. Ziemlich einfach ist die Methode, in Gebäuden, die viel Gas bedürfen, wie in Theatern ꝛc. einen besonderen Gasometer aufzustellen und diesen von einem transportabeln Gasbehälter aus zu füllen. Dieser letztere besteht aus einem gasdichten Schlauch von Kautschuckzeug, der auf einem Wagen von dem Aussehen der Möbelwagen liegt. Die beiden Enden des Schlauchs bestehen aus Holzscheiben, die durch Anziehen von Schnüren einander genähert werden können. Ein bewegliches Rohr mit einem sich nach innen öffnenden Ventile dient zum Füllen dieses Behälters aus dem großen Gasometer; ein zweites mit einer nach außen aufgehenden Klappe, um ihn in den kleinen Gasometer zu entleeren, nachdem er durch Pferde an Ort und Stelle transportirt worden ist.

Die Versuche, gut leuchtendes Gas in dem aus getriebenem Kupfer verfertigten Fuß einer Art Lampe zu comprimiren, um so ein transportables

Fig. 20.



Gasmesser.

Hintere Ansicht. Senkrechter Durchschnitt.

A Aeußere Trommel. B B B B Gaskammern. C C Drehungsachse dieser Kammern.
D Rohr, welches das Gas zuführt, E Rohr, welches es abführt.

Gaslicht zu erzeugen, sind an der Gefährlichkeit solcher Apparate und an dem zu ungefügen Volumen des Gasraumes gescheitert.

Die Consumenten bezahlen das Gas entweder in Bausch und Bogen nach der Stunde Brennzeit, wie dies zum Beispiel bei allen öffentlichen Lampen in Gebrauch ist, oder nach Kubikfußen. Die Menge des verbrauchten Gases wird durch eine sogenannte Gasuhr bestimmt. Das Gas muß dabei, ehe es zum Brennen gelangt, eine Trommel passiren, die zur Hälfte mit Wasser angefüllt ist; in dieses tauchen eigenthümlich geformte Flügel, welche an einer Welle sitzen. Indem nun das Gas unter dieselben tritt, hebt es sie aus dem Wasser und bringt die Welle zur Umdrehung, wobei dann das Gas nach den Brennern strömt. Jede solche Umdrehung wird durch ein einfaches Zeigerwerk markirt, und so ist es möglich, nach einem Monat z. B. die Kubikfuße verbrauchten Gases zu bestimmen.

Ein kleiner Irrthum wird nicht zu vermeiden sein, da der Druck nicht immer derselbe ist, unter dem das Gas ausströmt. Die Menge eines Gases ist aber immer das Product aus seinem Volumen und seiner Dichtigkeit.

Holz-, Torf- und Braunkohlengas. In Gegenden, wo die Steinkohlen mangeln, die eben erwähnten Brennstoffe aber zu billigen Preisen zu haben sind, könnte man sich veranlaßt sehen, dieselben zur Gasfabrikation anzuwenden. Für Holz ist durch Professor Pettenkofer in München ein Verfahren aufgefunden worden, welches im Wesentlichen darin besteht, daß man die bei gelinder Hitze entstehenden Destillationsproducte in dampfförmigem Zustande direct durch eiserne Röhren gehen läßt, welche nahezu bei Kirschrothglühhitze gehalten werden. Das Gas leuchtet, wenn es von der in starker Menge beigemischten Kohlensäure befreit ist, ebensogut, wo nicht besser als das Steinkohlengas; es ist außerdem frei von Schwefelwasserstoff und Ammoniak und bedarf daher keiner umständlichen Reinigung. Die Nebenproducte, wie Theer und Holzessig lassen sich gut verwerthen, und auch die rückständige Holzkohle findet einen guten Absatz. In holzreichen Gegenden und für kleineren Betrieb dürfte dies Verfahren sehr geeignet erscheinen, während für ausgedehntere Anlagen die continuirlich steigenden Preise des Holzes die Verwendung desselben für diese Zwecke unthunlich machen möchten.

Ein ganz anderes Prognosticum läßt sich vielleicht der Gasbereitung aus Braunkohle und Torf stellen, da an diesen Materialien voraussichtlich sobald kein Mangel eintreten dürfte. Beide Substanzen liefern, wenn sie gut ausgetrocknet einer starken Rothglühhitze ausgesetzt werden, eine große

Menge eines stark leuchtenden Gases, das nur bei der Braunkohle mit kleinen Mengen von Schwefelwasserstoff verunreinigt ist. Auch für den Braunkohlentheer und das aus dem Torf in reichlicher Menge entstehende kohlensaure Ammoniak würden sich Absatzwege eröffnen, wogegen der Verwerthung der rückständigen Kohlen wegen ihrer großen Mürbheit und Zerbrechlichkeit Hindernisse in den Weg treten dürften.

Harzgas und Oelgas werden in viel geringerer Ausdehnung benutzt. Sie sind zwar viel reicher an Leuchtgas als das Steinkohlengas, sie sind ferner frei von Ammoniak, Schwefelwasserstoffgas und anderen schädlichen Beimengungen, und man kann daher den Apparaten viel kleinere Dimensionen geben und alle Reinigungsapparate entbehren. Dafür ist aber auch der Preis der Rohmaterialien bedeutend höher, und man erhält keine sonstigen, gut verwerthbaren Nebenproducte.

Das Gas wird einfach gewonnen, indem man das Harz in geschmolzenem Zustande oder aufgelöst in Harztheer, das Oel und die anderen Fettstoffe direct in eiserne Retorten einströmen läßt, die zur Vergrößerung der Oberfläche mit Coaks oder Ziegelstücken angefüllt sind und bei einer lebhaften Kirschrothglühhitze erhalten werden.

Selligue in Paris will sehr gute Resultate erhalten haben, indem er, wie beim Whiteschen Processe, zuerst Wasserdampf durch zwei glühende Retorten voll Holzkohlen und die entstandenen gasförmigen Producte, Kohlenoxyd und Wasserstoffgas, durch eine dritte mit eisernen Ketten angefüllte leitet, in welche zugleich von oben her ein Strahl Schieferöl eintritt. Dies ist ein eigenthümliches, empyreumatisches Oel, welches aus dem bituminösen Mergelschiefer bei Autun durch trockene Destillation erzeugt wird. Es findet hierbei nicht der mindeste Kohlenabsatz statt, und das Gas, welches in großer Menge gewonnen wird, soll sich durch sein schönes, reines Licht auszeichnen.

Die Beleuchtung durch fette Substanzen.

Der thierische und pflanzliche Organismus producirt eine eigenthümliche Classe von chemischen Verbindungen, die sich durch ihren Reichthum an Kohlenstoff und Wasserstoff und durch ihre interessante, chemische Constitution auszeichnen, nämlich die große Gruppe der Fette. Werden diese Substanzen dem Processe der trockenen Destillation unterworfen, so geben sie außer kleinen Mengen Wasser, besonders gas- und dampfförmige Kohlenwasserstoffe, die einem ganz ähnlichen Verbrennungsprocesse wie das Leuchtgas unterliegen.

Streng theoretisch genommen müssen wir zugeben, daß die Anwendung dieser Substanzen zur Beleuchtung vor der Gasbeleuchtung entschiedene Vortheile voraus hat.

Jede Talgkerze, jede Oellampe repräsentirt ein ganzes Gaswerk mit Retorten rc. im Kleinen. Die Verbrennung des einen Fetttheilchens liefert die Wärme, um das nachfolgende zu schmelzen und in Gas zu verwandeln. Der Docht spielt nur eine mechanische Rolle, indem er durch Haarröhrchenkraft die fetten Flüssigkeiten in kleinen Portionen nach und nach in den Bereich der Flamme bringt.

Bei jeder Talg- oder Wachskerze kann man an dem Dochte die Entwickelung von Gasblasen bemerken und aus dem hier ebenfalls auftretenden, durchsichtigen Kerne durch Hineinbringen einer engen Glasröhre und Ansaugen die Producte der trockenen Destillation der fetten Körper gewinnen. Jede Kerze zeigt unmittelbar nach dem Ausblasen einen aufsteigenden Strom von brennbaren Gasarten, den man leicht entzünden kann.

Den weiteren Proceß der Verbrennung habe ich schon oben erwähnt. Hinzugefügt kann noch werden, daß die Höhe der Flamme in directem Verhältniß mit der Dicke des Dochtes zunimmt, während ein lebhafter Luftzutritt dieselbe verkürzt. Es ist dies natürlich, indem die Verbrennung von der Peripherie der Flamme aus stattfindet, wodurch der Umfang der Flamme von unten nach oben regelmäßig abnehmen muß. Bei zu geringem Luftzutritt oder zu dickem Dochte wird der ausgeschiedene Kohlenstoff sich auf seinem Wege zu sehr abgekühlt haben, als daß er noch mit dem Sauerstoff verbrennen könnte, und die Flamme wird rußig und rauchend.

Man theilt die fetten Körper am besten nach ihrem Aggregatzustande in feste Fette oder Talgarten und in Oele.

Beide Arten finden sich im Thier- und Pflanzenreiche. Merkwürdig ist nur, daß in den kälteren Klimaten die Thiere ein viel flüssigeres Fett haben als in den wärmeren. Die Wallfische z. B. haben fast gar kein festes Fett, sondern nur Thran. Die Natur scheint ihnen damit leichtere Beweglichkeit, selbst bei größerer Kälte, haben garantiren wollen, während in den gemäßigteren Zonen die Talgarten vorherrschen und den thierischen Theilen mehr Halt geben.

Gewinnung des Talges. Aus den fettreichen Theilen unserer Hausthiere, besonders der Ochsen und Schafe, auch der Ziegen, wird der Talg am einfachsten durch Ausschmelzen über freiem Feuer gewonnen. Die Fetttheilchen sind in einem sehr dünnwandigen Zell-

gewebe eingeschlossen. Um sie davon abzusondern, zerschneidet und zertheilt man die Fettlappen so gut als möglich, (in neuester Zeit mit Maschinen), und bringt sie in einen blanken, kupfernen Kessel, in welchem man sie durch ein mäßiges Feuer unter beständigem Umrühren erhitzt. Die Fetttheile dehnen sich aus, das beigemengte Wasser verdampft und sprengt die Zellen; diese schrumpfen zusammen, das Fett tritt aus, und der Rückstand, die sogenannten Grieven, setzt sich zu Boden. Sobald die oben aufschwimmende Fettschicht durch völliges Verdampfen des Wassers klar geworden ist, wird sie abgeschöpft und in kegelförmige Formen gegossen. Die Grieven werden ausgepreßt und als Hundefutter oder zum Düngen verwendet.

Die unangenehmen Ausdünstungen, die Feuersgefahr, die Verschlechterung und das geringe Ausbringen an Fett haben Darçet veranlaßt, eine andere Methode des Ausschmelzens vorzuschlagen, die mit vielem Vortheile in Anwendung gebracht worden ist. Wenn man die Fetttheile mit etwas verdünnter Schwefelsäure erwärmt, so wirkt diese so auflösend auf die Zellgewebetheile, daß das Fett selbst bei Temperaturen unter dem Siedepunkte des Wassers heraustritt. Es wäre also möglich, die directe Dampfheizung anzuwenden. Es ist indessen meistens gebräuchlich, das Ausschmelzen in geschlossenen Kesseln vorzunehmen, in denen durch Hochdruckdampf eine Temperatur von 105° — 110° C. unterhalten wird. Statt 80 — 82%, erhält man 83 — 85% an Fett, die Grieven aber sind freilich verloren. Die sauren Wasser lassen sich nur als Dünger verwerthen.

Ganz vortrefflich scheint das Verfahren von dem Franzosen Evrard zu sein, welcher das rohe Fett mit sehr verdünnter Aetznatronlauge zu erwärmen vorschlägt. Die häutigen Theile werden nach ihm dadurch noch leichter zerstört, während der Talg fast gar keine Veränderung erleidet. Außerdem werden durch das Alkali noch die riechenden fetten Säuren gebunden, denen die verschiedenen Talgarten ihren eigenthümlichen Geruch verdanken.

Die Folge davon ist, daß man bei der Operation fast nur einen schwachen Fleischbrühgeruch bemerkt. Der fertige Talg soll außerdem dem Ranzigwerden weniger unterworfen sein.

Ganz neuerdings hat Professor Stein in Dresden ausgedehnte Versuche in dieser Richtung angestellt, die auf der ganz richtigen Annahme basirt waren, daß der Geruch von flüchtigen fetten Säuren entstehe, die ein Product der beim Liegen eintretenden Fäulniß des Zellstoffes seien. Es gelang ihm, den Geruch beim Ausschmelzen durch Einlegen des Talges in fäulnißwidrige Mittel, wie schweflige Säure, Gerbstoff, chromsaures Kali

und Schwefelsäure ꝛc. zu vermeiden; indessen hatten diese Mittel bei der Anwendung im Großen den Nachtheil, daß der ausgeschmolzene Talg eine trübe Emulsion bildete, die sich nur schwierig klärte. Ein ganz ähnlicher Erfolg trat ein, als er das Evrardsche Verfahren anwendete, und nachdem auch der Versuch, durch Behandlung mit Alkohol und Schwefelsäure, demnach durch Aetherification der flüchtigen fetten Säuren, den Geruch zu verbessern, eben an dieser Emulsions-Bildung gescheitert, kehrte er zu dem alten Verfahren des Ausschmelzens über freiem Feuer oder über verdünnter Schwefelsäure zurück, indem er die riechenden Substanzen von einem Gemenge von Kalkhydrat und Kohlenpulver absorbiren ließ. Dieses wird in ein Sieb gefüllt, das auf die Oeffnung des Schmelzkessels aufgepaßt ist, und das Ausschmelzen erfolgt dann absolut ohne Geruch.

Darstellung der fetten Oele. In den Samen der Kohlpflanzen, oder Brassicaarten, also des Rapses, des Rübsen ꝛc., sowie in den Kernen der Hasel- und Wallnüsse, der Bucheckern, Mandeln ꝛc. ist das Stärkemehl, das wir in den Getreidekörnern finden, ganz oder zum Theil durch fettes Oel ersetzt. Die Stelle des Klebers ist durch das in Wasser lösliche Pflanzencasein oder Legumin vertreten. Das Oel ist als Tröpfchen vorhanden, die in dem Zellinhalte schwimmen.

Zur Gewinnung der Oele muß man die Samen daher zuerst möglichst zertheilen. Wegen der großen Zähigkeit des Gewebes und wegen der durch das Oel verursachten Schlüpfrigkeit lassen sie sich durch die noch häufig angewendeten Stampfwerke nicht so gut zerkleinern, als durch senkrecht stehende Mühlsteine, die auf einem horizontalen Steine herumschleifen und so nicht allein durch ihr Gewicht drückend, sondern auch zerreißend wirken. Durch eigenthümlich geformte Schabeisen wird der zur Seite geschobene Oelsamen immer wieder unter die Bahn der Steine gebracht.

Das dem Zerreiben folgende Erwärmen soll nicht allein das Oel dünnflüssig machen, damit es beim Pressen leichter ausfließt, sondern auch das Wasser verdampfen, welches Legumin mit sich fortführen würde. Besonders um des letzteren Punktes willen wendet man am liebsten alten, abgelagerten und ausgetrockneten Samen an. Das Erwärmen geschieht gewöhnlich in kupfernen Pfannen, die über freiem Feuer erhitzt werden. Wenn nun auch durch einen mechanischen Rührer das Anlegen des Oelsamens am Boden und damit das Anbrennen etwas vermieden wird, so ist es doch nicht zu vermeiden, daß kleine Mengen Glycerin zersetzt werden und den höchst un-

angenehmen Geruch nach Acrolein im Arbeitsraume verbreiten. Das erhaltene Oel zeigt einen unangenehmen, ranzigen Geschmack, und die Preßkuchen können durch aufgenommenes Kupferoxyd dem Viehe, welches damit gefüttert wird, sehr schädlich sein. Es scheint daher allen Oelfabrikanten anzurathen, ihre Wärmepfannen lieber durch Hochdruckdampf zu heizen. Es wäre sehr die Frage, ob es nicht zweckmäßig wäre, den Oelsamen vor dem Mahlen systematisch auszutrocknen und dann statt des Vorwärmens blos ein warmes Pressen anzuwenden. (s. u. Stearinsäurefabrikation.)

Die erwärmte Masse wird noch warm in Preßtücher eingeschlagen, die aus sehr festen Fäden locker gewoben sind, und nun einem möglichst starken Drucke unterworfen.

Bei den jetzt immer noch gebräuchlichen Keilpressen werden die Preßsäcke zwischen zwei eiserne durchlöcherte Platten eingelegt, die man in einen sehr festen gußeisernen Kasten mit Holzblöcken zusammen einsetzt. Durch Stampfen, welche durch die Maschinenkraft bewegt werden, wird ein dicker, hölzerner Keil dazwischen hineingetrieben. Ein umgekehrt eingesetzter Keil erlaubt die Lösung der Presse.

Viel zweckmäßiger sind die hydraulischen Pressen. Ohne das mindeste Getöse, das bei den Keilpressen so beschwerlich fällt, üben sie einen Druck aus, den alle andern Arten von Pressen nicht zu erreichen vermögen. Ihre Beschreibung wird bei der Stearinsäurebereitung nachgetragen werden, da das Verfahren des Pressens ganz das dort angegebene ist.

Die Preßrückstände, die sogenannten Oelkuchen, dienen wegen ihres Stickstoff- und Fettgehaltes als ein sehr geschätztes Viehfutter; sie werden dazu am besten verwendet, indem man sie mit heißem Wasser übergießt und die erhaltene Brühe zum Anfeuchten von Strohhechsel, Spreu 2c. anwendet.*) Eine große Menge davon wird auch nach England als Dünger exportirt, und sie eignen sich dazu vortrefflich, wegen ihres Reichthums an Stickstoff und phosphorsauren Alkalisalzen.

Im Gegensatz dazu wurden sie in Wien noch vor nicht langer Zeit als Brennmaterial benutzt. Die Holzpreise müssen sehr hoch sein, um

---

*) Sie sind oft noch so ölreich, daß ein zweites Nachpressen mit sehr starken hydraulischen Pressen noch eine lohnende Ausbeute liefert. Wenn die Angabe Boussingault's richtig ist, daß nämlich die Thiere kein Fett erzeugen, sondern nur das im Futter enthaltene in ihrem Organismus anhäufen, so wäre den Landwirthen eine Prüfung der Oelkuchen auf ihren Fettgehalt, z. B. durch Ausziehen mit Aether, sehr zu empfehlen.

das mit Vortheil thun zu können, und es wird wenigstens dringend geboten sein, die Asche als Dünger zu benutzen.

Das beim Pressen abfließende Oel ist zum Brennen in Lampen aus dem Grunde noch nicht zu gebrauchen, weil es durch seinen Gehalt an stickstoffhaltigen Substanzen die Dochte beim Brennen rasch verstopfen würde. Diese Substanzen nämlich liefern eine sehr schwer verbrennliche Kohle, die sich in den Haarröhrchen der Dochte ablagert. Je mehr Wasser mit dem Oel übergegangen ist, desto reicher ist es an diesen Stoffen.

Man unterwirft die Oele jetzt fast durchgängig dem Raffinirungsprocesse, indem man sie mit 1—1,5 % conc. Schwefelsäure durch längeres Rühren möglichst innig mischt. Während diese Säure, in der Kälte wenigstens, auf das Oel nur unmerklich einwirkt, entzieht sie den erwähnten stickstoffhaltigen Stoffen das Wasser, verkohlt sie und macht sie unlöslich.

Läßt man also das Ganze einige Zeit sich ruhig absetzen, so kann man das gereinigte Oel oben klar abziehen, während ein schwarzer, kohliger Bodensatz im Fasse zurückbleibt.

Es bleibt nur noch übrig, das Oel zur Entfernung der Schwefelsäure mehrmals mit warmem Wasser auszuwaschen und zur vollständigen Klärung durch Werg, Baumwollenabfälle oder Sägespähne zu filtriren. Stark gelb gefärbte Oele kann man durch Behandlung mit saurem chromsaurem Kali und Schwefelsäure bleichen.

Die hohen Preise des Baumöls haben darauf geführt, das Rüböl im raffinirten Zustande zum Schmieren von Maschinen und zum Einfetten von Kammwolle anzuwenden. Dabei ist indessen ein vollständiges Freisein von Schwefelsäure und Oelsäure eine unerläßliche Bedingung, indem dieselben die messingenen Maschinentheile leicht angreifen würden. Die erstere läßt sich freilich durch sorgfältiges Waschen mit warmem Wasser vollständig beseitigen. Nicht so die Oelsäure, die durch die Verwandtschaft der Schwefelsäure zum Glycerin ausgeschieden wird. Wollte man sie etwa mit Alkalien beseitigen, so würde sich ein trüber Seifenleim bilden, der kaum zur Abscheidung des Oeles zu bringen sein würde. Ein sehr gutes Mittel dagegen bietet das in neuerer Zeit statt des Bleiweißes angewendete Zinkweiß oder Zinkoxyd, das beim Einrühren in das Oel, mit der Oelsäure verbunden, als unlösliche Zinkseife zu Boden fällt. Statt der Schwefelsäure hat Professor Wagner in Nürnberg Chlorzink in nahezu wasserfreier Form zum Raffiniren vorgeschlagen, und es verspricht diese Methode allen Anforderungen Genüge zu leisten.

Man treibt jetzt die Raffination des Rüböls noch weiter, so daß man es sogar in ziemlicher Ausdehnung statt des Rindstalges zum Schmälzen der Speisen anwendet. Man bereitet dieses Schmalzöl, indem man auf je 1 ℔ Rüböl 1 Loth Kartoffelstärke in das Oel einrührt und dann zum schwachen Sieden erhitzt. Es tritt ein lebhaftes Aufschäumen und ein Entweichen eines sehr unangenehm riechenden, flüchtigen Oels ein, während sich die Kartoffelstärke verkohlt. Läßt man nach 3—4stündigem, ruhigem Sieden das Oel ruhig stehen, so kann man es nach zwei Tagen ohne Verlust von der Stärkekohle abgießen. Es ist klar, goldgelb und von angenehmem, mildem Geschmack, der nicht im mindesten den Ursprung des Oeles verräth.

Die einzige Frucht, die in ihrem fleischigen Zellgewebe Oel enthält, ist die Olive, die in sehr großer Ausdehnung in den südlichen Theilen Europas cultivirt wird. Es ist dies die Frucht des Oelbaumes, Olea europaea, der in seinem äußeren Ansehen unseren Weidenbäumen nahesteht. Die Gewinnung ihres reinen, wohlschmeckenden Oeles, das bei uns unter dem Namen Baumöl, Provenceröl bekannt ist, beruht auf einem sorgfältigen Zerreiben der entweder auf dem Baume oder nach dem Abnehmen möglichst gereiften Früchte und starkem Auspressen des erhaltenen Breies. Ist das erste, weiße Oel, das sogenannte Jungfernöl, abgeflossen, so erhält man durch Anbrühen mit heißem Wasser und erneutes Pressen neue Mengen von Oel, dessen Qualität aber entschieden geringer ist.

F a b r i k a t i o n d e r S t e a r i n s ä u r e. Durch die Entdeckungen Chevreul's, welcher uns zuerst die chemische Constitution der Fette kennen lehrte, wurde ein ganz neuer und sehr wichtiger Industriezweig ins Leben gerufen. Bis dahin war das höchste Ideal der Beleuchtungseinrichtungen die Wallrath- und die Wachskerze gewesen. Beide Materialien geben ein helles, weißes Licht ohne allen üblen Geruch und bieten außerdem eine harte, glänzende, nicht fettige Oberfläche dar. Sie behaupten aber auch das Monopol der Eleganz durch ihren hohen Preis. Das Wallrath krystallisirt nur in kleinen Mengen aus dem Thrane des Pottwallfisches heraus, und unsere Vorfahren verdankten nur dem Umstande, daß die hohen Zuckerpreise die Anwendung des Honigs und damit die Wachsproduction begünstigten, den verhältnißmäßig niedern Preis des Wachses.

Wenn wir auch einstweilen von den Forderungen der Eleganz absehen wollten, so muß es uns doch einleuchten, wie wichtig es ist, möglichst schwer schmelzbare Materialien zur Kerzenfabrikation anzuwenden. Zur Production einer bestimmten Menge Gas oder einer bestimmten Menge Licht gehört

ein Docht von bestimmter Dicke. Dieser strahlt nun eine bestimmte Menge Wärme nach unten aus und schmelzt von dem Kerzenmaterial um so mehr, je leichter schmelzbarer dasselbe ist. Der normale Zustand ist nun der, daß die strahlende Wärme gerade hinreicht, um ein flaches Becken, mit geschmolzenem Fett angefüllt, zu erzeugen, dessen Rand aber nicht eher geschmolzen werden darf, als bis er anfängt, einen schädlichen Schatten zu werfen. Schmilzt er eher an irgend einer Stelle durch, so entleert sich das gebildete Becken, und das Fett läuft nutzlos ab, anstatt zur Beleuchtung zu dienen.

Die nöthige Dicke des Lichtes steht begreiflicher Weise, bei gleich starkem Dochte, im umgekehrten Verhältniß zur Schwerschmelzbarkeit des Kerzenmaterials; die Talglichter müssen daher viel dicker sein, als die Wachslichter.

Chevreul's Entdeckungen bestehen nun in Folgendem:

Er fand erstens, daß alle natürlich vorkommenden Fette aus fetten Substanzen von verschiedenem Schmelzpunkte gemengt sind, die durch Pressen, Umkristallisiren, Aether ꝛc. von einander, doch meist nur unvollständig geschieden werden können. Hierher gehört das bei 48° C. schmelzende Stearin, das im Hammeltalg, das Margarin, das im Schweineschmalz und Menschenfett, das Elain, das in fast allen nicht trocknenden Oelen enthalten ist.

Diese einzelnen neutralen Fette enthalten ferner alle einen gemeinsamen Bestandtheil, das Glycerin oder Oelsüß, das aus der Mutterlauge der Bleipflaster als syrupartige Flüssigkeit dargestellt werden kann.*) Es ist dasselbe in den neutralen Fetten sehr innig mit den sogenannten fetten Säuren, der Stearinsäure, der Margarinsäure, der Elainsäure verbunden, so daß diese Verbindung nur durch längeres Kochen mit ätzenden Alkalien oder mit Kalk aufgehoben werden kann. Werden die dadurch endlich entstandenen fettsauren Salze mit stärkeren Säuren behandelt, so erhält man die fetten Säuren, die sich meistens durch höheren Schmelzpunkt und größere Kristallisationsfähigkeit vor den neutralen Fetten auszeichnen. Hammeltalg ist demnach ein Gemenge von stearinsaurem und elainsaurem Glycerin.

Um den chemischen Vorgang bei der Zerlegung der Fette ganz genau zu interpretiren, muß man an die Zerlegung der Aetherarten durch Alkalien erinnern. Gerade so, wie hier aus Essigäther z. B. Aethyloxydhydrat oder

---

*) Bleipflaster, d. h. ölsaures Bleioxyd, entsteht durch Kochen von Baumöl mit Bleiglätte und Wasser. Das erhaltene Glycerin wird jetzt in Frankreich zum Schmieren von Maschinentheilen benutzt und auch in der Parfümerie, als Vehikel für ätherische Oele und andere Droguen, angewendet.

Alkohol und essigsaures Kali entsteht, so bildet das fettsaure Lipyloxyd, (die natürlich vorkommenden Fette), Lipyloxydhydrat oder Glycerin und fettsaures Alkali. Bei der Abscheidung der fetten Säure durch stärkere Mineralsäuren wird wiederum ein Aeq. Wasser aufgenommen, so daß demnach die fette Säure und das Glycerin zusammengenommen etwas mehr wiegen, als das angewendete Fett. In neuester Zeit ist es gelungen, durch längeres Erhitzen fetter Säuren mit Glycerin, besonders beim Zusatz von etwas conc. Schwefelsäure, wieder neutrale Fette darzustellen.

Im Anfange begnügte man sich durch einfaches Pressen die festen neutralen Fette von dem flüssigen Antheile zu befreien und erhielt so die eigentlichen Stearinkerzen.

Während aber dies Stearin bei 45° C. schmilzt, liegt der Schmelzpunkt für die Säure erst bei 70° C. Die Säure läßt sich außerdem viel leichter rein darstellen, sie ist ferner frei von Glycerin, welches bei seiner unvollkommenen Verbrennung das so unangenehm riechende Acrolein erzeugt, kurz sie steht in allen Beziehungen dem Wallrath nahe, mit einziger Ausnahme der bedeutend größeren Wohlfeilheit. So entstand die Fabrikation der Stearinsäurekerzen, Millykerzen, Apollokerzen ꝛc.

Motard und de Milly legten 1829 die erste größere Fabrik derselben an, und jetzt ist fast keine Hauptstadt Europas, die nicht eine solche Fabrik besäße. In Wien, wo diese Industrie jetzt sehr florirt, entstand die erste Fabrik im Hause zum Apollo, daher die obigen Namen.

In der neueren Zeit ist es besonders das Palmöl, welches das Material für diese Fabrikation liefert. Es wird aus den Früchten der Oelpalme, Elais guianensis, durch Auskochen derselben mit Wasser gewonnen,*) und stellt sich als ein angenehm veilchenartig riechendes, orangengelbes Fett von butterartiger Consistenz dar. Es enthält neben Oelsäure, als feste Säure, die sogenannte Palmitinsäure, die bei 60° C. schmilzt und in großen, atlasglänzenden Blättern krystallisirt.

Wenn diese Palmitinsäure, wie es zum Bleichen des Palmöls gewöhnlich geschieht, längere Zeit an der Luft geschmolzen wird, so geht sie in eine mehr wachsartige Säure, die sogenannte Palmitonsäure über, die schon bei 53° C. schmilzt. Die Darstellung beider Säuren ist aber absolut dieselbe, wie die der Stearinsäuren.

*) Seine massenhafte Einführung in die europäische Industrie hat wohl mehr als alle Predigten der Abolitionisten zur Abschaffung des Sclavenhandels beigetragen. Was die wilden Völkerschaften von den Industrieproducten Europas bedürfen, das bezahlten sie früher mit Sclaven, jetzt mit Palmöl.

Die Stearinsäurefabrikation zerfällt in folgende drei Hauptabtheilungen:

1) Verseifung der Fette mit Kalk.
2) Zersetzung der Kalkseife durch verdünnte Schwefelsäure.
3) Pressen des erhaltenen Gemenges von fetten Säuren.

In einem mit Blei ausgeschlagenen, hölzernen Bottich bringt man das zu verseifende Fett mit dem ohngefähr anderthalbfachen Gewichte Wasser zusammen. Durch ein ringförmiges Rohr am Boden, aus dem durch feine Einschnitte der Dampf ausströmt, erhitzt man bis zum Schmelzen und fügt dann c. $12\frac{0}{0}$*) gut gebrannten Kalk zu, den man vorher zu einer feinen Milch gelöscht hat. Man fährt fort zu erhitzen, bis das Ganze zu einem dicken Brei von fettsaurem Kalke erstarrt ist, den man mit durchlöcherten Schaumlöffeln herausnimmt. Am besten behandelt man diese Kalksalze noch warm in einem ganz ähnlichen Gefäße mit verdünnter Schwefelsäure. 12 Theile Kalk bedürfen zu ihrer Sättigung 21 Theile conc. Schwefelsäure. Anstatt diese aber erst mit Wasser zu verdünnen, kann man in der Nähe von Schwefelsäurefabriken die verdünnte Säure anwenden, wie man sie direct aus den Bleikammern abzieht, und so die Kosten der Concentration ersparen.

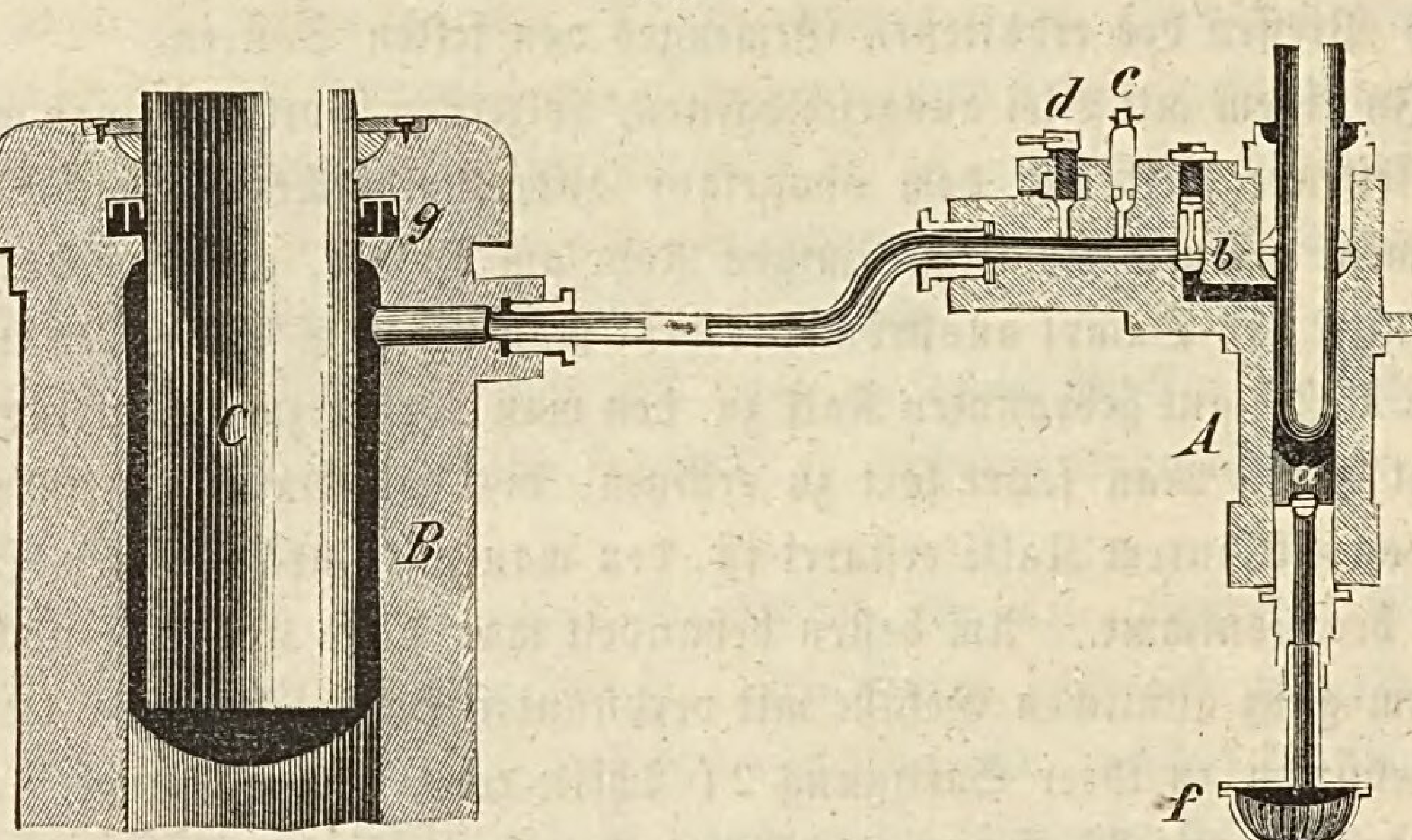
Hat man die fettsauren Kalksalze erkalten lassen, so ist es nöthig, sie durch cannellirte Walzen durchpassiren zu lassen, um die entstandene harte Masse genügend zu zerkleinern. Damit sie sich dabei nicht erhitzt und sich in zusammenhängende Blätter verwandelt, muß beständig ein Strahl kaltes Wasser auf die Walzen geleitet werden. Die durch die Schwefelsäure abgeschiedenen fetten Säuren werden nach längerem ruhigem Stehen von der wässerigen Flüssigkeit abgenommen, nochmals mit ein wenig verdünnter Säure behandelt und endlich durch Waschen mit reinem, warmem Wasser von den letzten Spuren anhängender Schwefelsäure befreit. Zuletzt gießt man sie in schwach conische Formen.

Je größer dieselben sind, je langsamer die geschmolzenen fetten Säuren in ihnen erkalten, desto größer und regelmäßiger werden die Krystalle ausfallen, desto leichter wird die anhängende Oelsäure zu entfernen sein. Dies geschieht am besten durch scharfes Pressen mittelst einer hydraulischen Presse (s. S. 104), wie sie z. B. auch in den Runkelrübenzuckerfabriken Anwendung

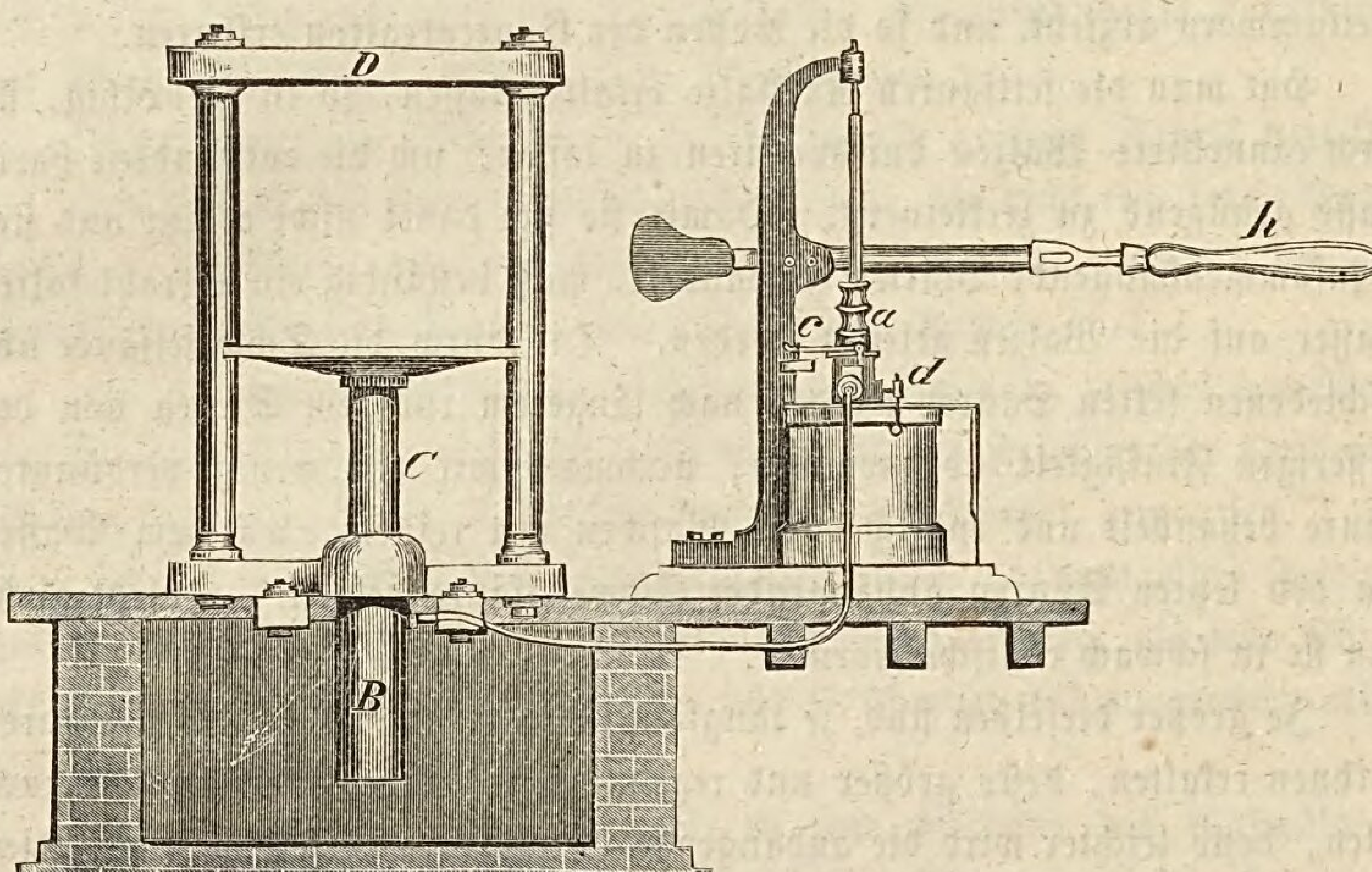
*) In der neuesten Zeit hat de Milly den Kalkzusatz, und damit den Verbrauch an Schwefelsäure, fast auf $\frac{1}{3}$ der angegebenen Menge vermindert, indem er die Wirkung desselben durch Anwendung eines Dampfdruckes von 5—6 Atmosphären unterstützte. Pelouze hat nachgewiesen, daß sich dabei eine saure Kalkseife bildet, indem die zuerst gebildete, neutrale Seife zerlegend auf das übrige Fett einwirkt.

findet. Eine solche Presse besteht im Princip aus 2 Metallcylindern A u. B von sehr verschiedenem Querschnitte, in welchem genau schließende Metall-

Fig. 21.



Hydraulische Presse, senkrechter Durchschnitt.



Hydraulische Presse, vordere Ansicht.

A Kleiner Cylinder. B Großer Cylinder mit Kolben C, Wiederlager D und Lederstulpdichtung g a Einlaßventil in A, b Auslaßventil, c Sicherheitsventil, d Hahn zum Entleeren, f Sieb, durch welches das eingesogene Wasser passiren muß.

olben sich auf und ab bewegen lassen. Beide stehen durch ein festes Metallrohr mit einander in Verbindung.

Das untere Ende des kleinen Cylinders A taucht in einen Wasserbehälter und ist mit einem Ventil a versehen, das sich nach innen öffnet.

In dem Verbindungsrohre befindet sich ein ähnliches Ventil b, das sich aber nur nach dem größern Cylinder zu öffnet. Wird nun der Kolben des kleinen Cylinders in die Höhe gezogen, so dringt Wasser durch das Ventil a ein, während sich Ventil b schließt. Drücke ich dann wieder herunter, so schließt sich umgekehrt Ventil a, Ventil b öffnet sich und der Inhalt des kleinen Cylinders tritt in den größeren über. So geht das Spiel fort, der größere Cylinder B füllt sich allmälig und der Kolben C desselben hebt sich langsam. Ist der Querschnitt des großen Cylinders 100mal so groß als der des kleinern, so wird es freilich 100 Kolbenstöße bedürfen, um den großen Kolben so weit zu heben, als die Länge des kleinern beträgt. Da aber das Wasser fast gar nicht zusammendrückbar ist, so wird auch der Druck, welcher auf den großen Kolben ausgeübt wird, der 100fache von dem sein, welcher auf den kleinern wirkt. Die Kraft, welche ich 100mal auf den kleinern Cylinder habe lasten lassen, addirt sich zu einer 100fachen Kraft in dem großen Cylinder.

Befindet sich nunmehr ein festes Wiederlager D oberhalb des großen Kolbens, so werden begreiflicher Weise Substanzen, die sich dazwischen befinden, mit einer ungeheuren Kraft zusammengepreßt werden.

In großen Fabriken wird die kleine Pumpe meist durch eine Dampfmaschine bewegt, und man begreift leicht, daß es so möglich ist, einen Druck bis zu einer Million Pfunde und mehr auszuüben. Dabei muß man indessen berücksichtigen, daß dieser Druck sich meistentheils auf eine größere Preßfläche vertheilt, und daß es daher richtiger ist, wenn man angiebt, wieviel Druck auf dem Quadratzoll Preßfläche gelastet hat. Bei den Oelmühlen und in den Stearinsäurefabriken ist der Preßcylinder meistentheils ein liegender, bei andern Industrien, z. B. bei der Rübenzuckerfabrikation, ist ein stehender Cylinder beliebt worden. Die Blöcke der gemengten, fetten Säuren werden durch eine eigenthümliche Schneidevorrichtung, welche in einem Rade mit zugeschärften, gekrümmten Speichen besteht, in dünne Blättchen verwandelt. Sie liegen auf einem Schlitten, der durch die Drehung des Rades selbst, welches auf eine daran befestigte Schraube wirkt, fortgeschoben wird. Die Fettspähne werden in dickes Haartuch eingeschlagen und diese Preßsäcke nun abwechselnd mit Geflechten aus Weidenruthen und eisernen Platten in den viereckigen Preßkasten eingesetzt.

Zuerst wird kalt gepreßt, wo fast nur Oelsäure abläuft. Um aber eine vollständigere Abscheidung derselben zu bewirken, folgt hierauf ein warmes Pressen bei einer Temperatur von 40—50° C. Man erzielt dieselbe, in-

dem man die Eisenplatten vorher in kochendem Wasser oder in einem Dampfkasten auf 100° C. erwärmt und nun die Presse damit so rasch als möglich beschickt, oder man construirt auch wohl den Preßkasten mit hohlen eisernen Wänden, in welche während des Pressens Dampf eingeleitet wird.

Statt dessen hat man auch vorgeschlagen, die Preßplatten selbst hohl zu machen. Es begreift sich leicht, daß alsdann die Zuleitungsröhren beweglich gemacht werden müssen, damit sie beim Schließen der Presse der Bewegung der Platten folgen können. Am einfachsten ist es, die Preßplatten unter sich mittelst vulcanisirter Kautschuckröhren zu verbinden. Diese müssen hinreichend stark sein, um dem angewendeten Dampfdruck zu widerstehen. Die bei diesem warmen Pressen ablaufende Oelsäure ist reich an festen Fettsäuren. Man fängt sie daher in besondern Reservoiren auf und behandelt sie nach dem Erkalten von Neuem ganz wie das rohe Säuregemisch.

Die erhaltenen Preßkuchen werden zur vollständigen Entfernung der letzten Kalkreste nochmals mit etwas verdünnter Schwefelsäure umgeschmolzen, dann von Neuem ausgewaschen und in Brode gegossen, falls man nicht vorziehen sollte, sie sogleich zu Lichtern zu verarbeiten.*)

Die als Nebenproduct erhaltene Oelsäure greift das Metall der Lampen zu sehr an, um direct zum Brennen verwendet zu werden. Sie löst sich leicht und fast augenblicklich selbst in kohlensauren Alkalien und wird daher mit Vortheil zum Seifenkochen, sowie zum Einfetten der Wolle vor dem Verspinnen benutzt, da man dann das kostspielige und langweilige Walken der Tücher fast ganz umgehen kann.

Behandelt man die neutralen Fette anstatt mit Kalk sogleich mit conc. Schwefelsäure, so bildet sich eine Verbindung von Glycerin mit Schwefelsäure, die Glycerinschwefelsäure, und die fetten Säuren scheiden sich aus.

Auf diesem Princip beruht die wahrhaft colossale Kerzenfabrik der Herren Price und Co. in London, die der Verfasser in ihren Details kennen zu lernen das Vergnügen hatte. Die Fette, besonders Palmöl und Talg kommen auf der Themse an und werden unmittelbar vom Schiffe in den Hof der Fabrik abgeladen. Täglich werden 120 Ctr. verarbeitet. Man bringt sie in einen gußeisernen Kessel und erhitzt sie mit 6% conc. Schwefelsäure auf etwa 160° C. Dabei entwickelt sich sehr viel schweflige Säure, der vielleicht, wenn die Angabe der Besitzer, daß die Elainsäure theilweise in Elaidinsäure

---

*) Um den höchsten Grad der Farblosigkeit zu erzielen, soll man sie noch vorher mit einer kleinen Menge Oxalsäure umschmelzen und mit Eiweiß klären.

übergehe, richtig ist, diese Umwandlung zuzuschreiben wäre. Die Oelsäure, welche bei gewöhnlicher Temperatur und selbst noch unter 0° flüssig ist, würde in eine Säure übergehen, die erst bei 45° C. schmilzt, ein Umstand, der natürlich die Ausbeute an festen Fettsäuren sehr erhöhen würde. Daß diese Umwandlung der Oelsäure in die vollständig gleich zusammengesetzte Elaidinsäure durch kleine Mengen salpetriger Säure bewirkt wird, ist allgemein bekannt; die Angaben, daß auch schweflige Säure so wirkt, finden sich nur vereinzelt.*) Die bräunlich gefärbte, bedeutend fester gewordene Masse wird nun mit viel Wasser gewaschen und dadurch von der Schwefelsäure befreit, worauf nunmehr zur Destillation geschritten wird. Dieselbe muß, um Verkohlung und Schwärzung des Destillats zu vermeiden, in einem Kessel vorgenommen werden, der durch ein Bad von schmelzendem Blei nur wenig über den Siedepunkt dieser Substanzen erhitzt wird. Eine bedeutende Beschleunigung findet statt durch Einleiten von überhitztem Dampf, der auf c. 250° C. gebracht worden ist, indem man ihn durch glühende eiserne Röhren leitete. Er reißt die schweren Dämpfe der Fettsäuren leicht mit sich fort und führt sie in die Kühlapparate. Dieselben bestehen aus Uförmig gekrümmten eisernen Röhren, die mit weiteren Röhren umgeben sind, in welchen kaltes Wasser dem Dampfstrome entgegen circulirt.

Ein in der Biegung angebrachtes Ansatzrohr führt die condensirten Substanzen in untergesetzte Bottiche ab, die ihren Inhalt durch ein Ueberlaufsrohr in große Sammelbehälter entleeren. Es versteht sich von selbst, daß die Temperatur derselben immer noch hoch genug ist, um das Erstarren zu vermeiden.

Die letzten Dämpfe werden condensirt, indem man sie in Schlangenröhren durch einen Kasten führt, in den immer frisches Wasser zufließt. Diese letzteren Producte sind etwas weicher als die zuerst condensirten, die eine blendend weiße, ziemlich harte Masse darstellen. In dem Destillationskessel bleiben c. 5% einer schwarzbraunen, pechartigen Masse, die noch zur Gaserzeugung verwendbar ist.

Durch diese Behandlung mit Schwefelsäure und vorsichtige Destillation können selbst ganz unreine Fettabfälle mit Vortheil verarbeitet werden. Hierher gehört z. B. die grauliche, fettige Masse, welche aus dem Seifen-

---

*) Neuere Untersuchungen widersprechen dieser Annahme direct und wollen die früheren Angaben durch Annahme einer Beimengung von salpetriger Säure erklären, die aus der zur Darstellung angewendeten, salpetersäurehaltigen Schwefelsäure stammt.

wasser der Tuchfabriken durch Sättigung des Alkali's mit verdünnter Schwefelsäure gewonnen wird. Auch kann man das fettsaure, lösliche Alkali durch Zufügung von Kalk oder einem Kalksalze in eine Kalkseife umwandeln, die in der Form von grauen Flocken zur Oberfläche steigt, und aus dieser erst durch Zufügung von Säure die Fettsäuren ausscheiden.

Um indessen zu der Price'schen Fabrik zurückzukommen, so wird das Destillat durch kaltes und warmes Pressen ganz wie die auf die ältere Methode gewonnene Stearinsäure behandelt.

Um einen Begriff von den riesigen Dimensionen dieses Geschäftsbetriebes zu geben, führe ich nur an, daß allein zur Anfertigung einer eigenthümlichen Sorte von Nachtlichtern mehrere Säle mit 100—120 Arbeitern bestimmt sind. Diese Lichter haben einen sehr dünnen Docht, aber eine verhältnißmäßig große Dicke. Die Dochte werden in etwa zollhohen Papphülsen befestigt, und die letzteren dann mit der geschmolzenen Fettsäure ausgegossen. Der dünne Docht vermag nur wenig Fett zu consumiren und steht daher bald in einem Becken mit geschmolzener Masse, aus der eben die Spitze desselben hervorragt. Um die kostspielige Pappe zur Emballage zu sparen, haben die Herren Price es zweckmäßig gefunden, breite Holzspähne anzuwenden, die durch eine besondere Maschine angefertigt werden.

Beleuchtung durch Kohlenwasserstoffe, Camphin, Photogen, Paraffin. In der neueren Zeit ist man vielfältig bemüht gewesen, statt des immer theurer werdenden Oel's und Talg's die verschiedenen Kohlenwasserstoffe anzuwenden, welche als Producte der trockenen Destillation fossiler Brennstoffe gewonnen werden oder als ätherische Oele Producte unserer heutigen Vegetation bilden.

Man weist hiermit die Fette und fetten Oele in ihr naturgemäßes Gebiet, die Seifenfabrikation, zurück, wo sie durch keine andere Substanz ersetzt werden können. Die Kohlenwasserstoffe, deren Production aus den Braunkohlen z. B. einen fast unbegrenzten Materialstock vor sich hat, die bei ihrer Verbrennung wegen ihres Reichthums an Wasserstoff und Kohlenstoff eine äußerst intensive Hitze, ein blendendes Licht liefern, müssen und werden in nicht allzulanger Zeit die Fette vom Felde der Beleuchtung verdrängen.

Der Uebelstand des Rußens bei gestörtem Luftzutritt, so sehr er eben auf dem großen Reichthum an Kohlenstoff basirt ist, wird durch die Bemühungen unserer geschickten Lampenfabrikanten immer mehr überwunden werden.

Camphin. Aus dem Stamme der verschiedenen Nadelhölzer fließt bei natürlichen oder künstlichen Verwundungen eine bräunlich gelbe, weiche, stark-riechende Masse aus, der sogenannte Terpentin, der bei seiner Destillation mit Wasser das Terpentinöl als Destillat, das weiße Fichtenharz oder Kolophonium als Rückstand liefert. Das Terpentinöl selbst verharzt sich leicht an der Luft durch Sauerstoffaufnahme und muß daher vor der Verwendung zur Beleuchtung durch Destillation mit Kalkmilch von Harz gereinigt werden. Die schwachen Säuren, aus denen das Harz besteht, werden durch den Kalk gebunden, gerade so wie sie mit den Alkalien Harzseife liefern. Das beigemischte Wasser kann man dem Destillat durch Schütteln mit einigen Bogen Löschpapier, besser durch nochmalige Rectification über etwas ungelöschten Kalk entziehen. Das erhaltene farblose Destillat muß vor dem Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffs möglichst geschützt werden, indem sonst eine erneute Harzbildung eintreten würde.

Von diesem Uebelstande sind die Theeröle ziemlich frei, da man sie gewöhnlich von den oxydablen Bestandtheilen, welche sie mit der Zeit schwarz färben würden, durch einen umständlichen Reinigungsproceß zu befreien, gezwungen ist.

Photogen und Paraffin. Die Theere, die aus Holz, Steinkohlen, Torf, Braunkohlen und bituminösen Schiefern durch trockene Destillation gewonnen werden, enthalten neben einem wenig untersuchten, schwarzen, pechartigen Rückstande eine ganze Reihenfolge von Kohlenwasserstoffen, von sehr verschiedenen Siedepunkten und sehr verschiedenem specifischen Gewicht. Nur die leichtern und flüchtigern Oele lassen sich hinreichend reinigen, um zum Brennen in Lampen verwendet zu werden. Diejenigen dagegen, welche bei einer Temperatur über 260° C. sieden, können nur zur Gaserzeugung, zur Rußbereitung und zum Schmieren gröberer Maschinentheile Anwendung finden. Enthalten sie indessen größere Mengen von Carbolsäure, wie die Oele des Steinkohlentheers, so dienen sie als vortreffliches Mittel zum Conserviren des Holzes.

Unter den leichtflüchtigen Oelen, ist das Benzol, $C^{12}H^6$, am genauesten bekannt. Es ist eine Substanz, die zuerst bei der Destillation der Benzoesäure mit überschüssigem Kalk erhalten worden ist, siedet schon bei 80° C. und krystallisirt bei strenger Kälte. Es ist so flüchtig, daß es in einem durchgeleiteten Gasstrome genügend verdampft, um z. B. reines Wasserstoffgas stark leuchtend zu machen. Da es indessen hierbei durch Verdunstung zu rasch abkühlt, so muß es durch eine kleine Hülfsflamme warm gehalten werden.

Dieses Benzol und homologe Oele*) bilden das sogenannte Photogen, das aus der braunkohlenartigen Bogheadkohle in England, aus Braunkohle und Braunkohlenschiefer in Deutschland, aus Torf in Irland in ziemlich bedeutender Ausdehnung gewonnen wird.

Man destillirt diese Substanzen in gußeisernen ⌓ förmigen Retorten, bei schwacher, kaum sichtbarer Rothgluth, leitet die entweichenden Dämpfe durch gute Kühlvorrichtungen und führt die nicht condensirbaren Gase entweder ins Freie oder in die Feuerung zurück. Der erhaltene Theer schwimmt auf dem reichlich mit übergehendem Wasser, er wird von demselben abgehoben und für sich, oft mit Zuhülfenahme von Wasserdampf und Luftleere rectificirt. Die zuerst aufgefangene Portion wird durch erneute Destillation über Kalkmilch, Mengung mit conc. Schwefelsäure, Waschen mit Wasser und erneute Destillation gereinigt. Die Kalkmilch hält die Carbolsäure zurück, und die Schwefelsäure verkohlt die durch Oxydation sich braunfärbenden Substanzen.

Die alsdann folgenden schweren Oele sind schwer zu reinigen und darum auch nur schwierig zum Brennen in Lampen anzuwenden. Sie bilden dagegen ein ausgezeichnetes Material zur Leuchtgasbereitung. Zuletzt erstarrt das Destillat butterartig, indem nun der höchst interessante Körper, das Paraffin, überzugehen anfängt. Dieser hat die procentische Zusammensetzung des Doppelkohlenwasserstoffgases, indessen als wahrscheinlichste Formel die Zahlen C^8H^8, und bildet demnach gewissermaßen das Ideal eines Beleuchtungsmaterials, wie es Liebig vorausgesehen hat, (siehe seine chemischen Briefe). Es ist für die meisten chemischen Agentien völlig unangreifbar, (daher sein Name), und übertrifft im Zustande der Reinheit an Weiße, Durchsichtigkeit und Lichtstärke das schönste Wallrath.

Es wird aus dem butterartigen Destillat durch Behandlung in der Centrifüge, kaltes und warmes Pressen erhalten. Der bräunlich gefärbte Preßrückstand wird schließlich mit c. 50% conc. Schwefelsäure bis auf 170° C. erhitzt, wobei dann unter reichlicher Entwickelung von schwefliger Säure und Ausscheidung einer festen, kohligen Masse die färbenden, öligen Beimengungen zerstört werden. Das Paraffin schwimmt als farbloses, nahezu

*) Mit dem Benzol homolog nennt man diese Oele, weil ihre Zusammensetzung auf Formeln führt, die aus der des Benzols durch Zufügung von $n(C^2H^2)$ entstehen. So kommt neben dem Benzol in diesen Oelen noch das Toluol vor, das nach der Formel $C^{14}H^8$ oder $C^{12}H^6 + 1\ (C^2H^2)$ zusammengesetzt ist. Ebendahin gehört das Cumol, $C^{12}H^6 + 3\ (C^2H^2)$ und das Cymol, $C^{12}H^6 + 4(C^2H^2)$, die natürlich einen immer höhern Siedepunkt zeigen.

durchsichtiges Oel oben auf und wird durch Abgießen gewonnen; durch Umschmelzen über Wasser wird es von der anhängenden Schwefelsäure und den eingemengten kohligen Theilen befreit und dann gewöhnlich unter Zusatz von etwas Wachs zu Lichtern verarbeitet, die nach Karsten's Untersuchungen doppelt so viel Licht geben, als Stearinkerzen von gleichem Gewicht, demnach mit dem doppelten Preise nicht zu hoch bezahlt sind.

Karmarsch will nur das Verhältniß von 4 : 3 gefunden haben.

Kerzen und Lampen. Die Talge und die festen Fettsäuren, ebenso Wachs, Wallrath und Paraffin werden meistens in der Form von Kerzen zur Beleuchtung verwendet. Es sind dies nichts anders als in Stangenform gebrachte Reservoire für das Fett, während der Docht die Retorte bildet. Sie unterscheiden sich von den meisten Oellampen dadurch vortheilhaft, daß hier der Docht, indem er selbst abbrennt, immer in ziemlich gleichem Abstande vom Fettvorrathe bleibt, während gerade der größte Fehler der meisten Lampen älterer Construction in dem continuirlichen oder wenigstens periodischen Sinken des Oelniveau's besteht.

Bei den einfach aus lockern Baumwollenfäden zusammengedrehten Dochten der Talglichter bleibt der verkohlte Theil des Dochtes in der Flamme; er kühlt dieselbe ab, es setzt sich alsdann an ihm Ruß ab und die Flamme brennt roth und trübe, wenn diese sogenannte Lichtschnuppe nicht von Zeit zu Zeit durch Putzen entfernt wird. Bei den besseren Kerzensorten aus Stearinsäure 2c. wendet man daher dreisträhnig geflochtene Dochte an, die sich beim Verkohlen allmälig nach außen krümmen und so in den Bereich der oxydirenden Flamme treten.

Die Kohle verbrennt vollständig und nur die Asche des Dochtes bleibt zurück. Sie ist nicht so unbedeutend, als man glauben sollte, da sich zu ihr alle die Spuren Kalk addiren, die in der Stearinsäure zurückgeblieben sind. Ihr Herabfallen verursacht daher immer noch eine unangenehme Beschmutzung der Lichter. Man tränkt daher die Dochte mit einer schwachen Auflösung von Borsäure, welche mit den Aschenbestandtheilen ein leicht schmelzbares Glas bildet. Bei genauem Draufsehen kann man es in kleinen Perlen an der Spitze des Dochtes glänzen sehen.

Die Anwendung solcher geflochtenen Dochte für Talglichter verbietet sich durch das unausbleibliche Ablaufen derselben an der Seite, wo der Docht herausragen würde, und man muß daher bei ihnen immer noch zur Lichtputze seine Zuflucht nehmen.

Diese Dochte sind nun mit einer Fetthülle zu überziehen. Nur noch in geringer Ausdehnung geschieht dies, indem man die Dochte mehrmals nach einander in geschmolzenes Talg eintaucht, welches nahe an dem Erstarrungspunkte ist, und zwischen durch wartet, bis die angesetzte Fettschicht erstarrt ist. Man erreicht dasselbe Resultat auch durch ein behutsames Angießen von Talg mittelst einer Kelle.

Gewöhnlich werden 15—20 Dochte auf einmal eingetaucht; sie sind zu diesem Ende an einem dünnen Holzstabe aufgereiht. Durch große manuelle Fertigkeit gelangt man dahin, durch dieses Verfahren ziemlich gleichmäßige runde Lichter zu erzielen.

Ein ähnliches Verfahren befolgt man bei der Fabrikation der Wachsstöcke. Der Docht, der auf einer Walze aufgewunden ist, passirt zuerst durch ein Gefäß mit geschmolzenem Wachs, dann durch einen Behälter mit kaltem Wasser und endlich zur Egalisirung durch eine Art Zieheisen, um alsdann auf einer zweiten Walze aufgewunden zu werden. Das Zieheisen könnte man mit Vortheil durch ein Walzenpaar ersetzen, in dessen Peripherie halbrunde Rinnen eingedreht wären, die, auf einander passend, eine runde Oeffnung bilden.

Viel besser und eleganter sind die gegossenen Kerzen. Man bedient sich zu dieser Fabrikation hohler cylindrischer Formen, welche meistentheils aus einem Gemenge von 1 Theil Zinn und 2 Theilen Blei bestehen. Selten werden gläserne Formen angewendet. Sie laufen unten conisch zu und lassen eine kleine Oeffnung, in der mittelst eines Hölzchens das eine Ende des Dochtes befestigt wird. Das andere Ende wird durch ein kleines Loch gezogen, welches sich in dem Querstege eines abgesonderten, trichterförmigen Ansatzstückes befindet, und durch einen Knoten festgehalten. Auf diese Weise ist es möglich, den Docht genau in der Mitte der Form auszuspannen.

Bei den Talglichtern werden die Formen einzeln durch einen Löffel mit Ausguß gefüllt. Nach dem Erkalten wird der Gußkopf abgeschnitten, das untere Hölzchen ausgezogen und die Lichter durch gelindes Klopfen aus den Formen gebracht. Gelingt dies nicht, so braucht man die Formen nur einen Augenblick in warmes Wasser zu tauchen. Die fertigen Lichter werden an der Luft und dem Lichte einige Zeit gebleicht und sind dann verkäuflich.

Bei den Stearinkerzen hatte man lange Zeit gegen die starke Neigung zur Krystallisation zu kämpfen. Die Lichter bekommen dadurch ein fleckiges Ansehen und brechen sehr leicht. Sehr verwerflich wäre das Mittel ge-

wesen, welches man zuerst dagegen angewendet haben soll, nämlich der Zusatz einer kleinen Menge arseniger Säure. Es ist zwar wahr, daß dadurch die Stearinsäure ein mehr wachsartiges Ansehen gewinnt; indessen wollen wir zur Ehre der Fabrikanten glauben, daß obiger Angabe nur eine Verläumdung der beeinträchtigten Talglichtfabrikanten zu Grunde gelegen hat. Jetzt hat man gelernt, diese Krystallisation durch Zusatz von 5—10% Wachs und mehr noch durch den Kunstgriff zu bekämpfen, daß man die Temperatur der geschmolzenen Masse vor dem Gießen bis auf wenige Grade über den Erstarrungspunkt sinken läßt, so daß die rasche Abkühlung in der Form eine verworrene, undeutliche Krystallisation hervorbringt.

Die Operation des Gießens ist sonst ganz ähnlich, nur daß 24—30 Formen auf einmal in den Boden eines gemeinsamen Reservoirs eingesetzt sind. Die herausgenommenen Lichter wurden früher durch Abreiben mit einem mit Spiritus befeuchteten wollenen Lappen glänzend gemacht; jetzt verrichtet dies eine eigenthümliche Maschine mit großer Schnelligkeit.

Sehr dicke Wachskerzen, z. B. Kirchenlichter, bildet man auch, indem man den Docht mit einer dicken Wachstafel umwickelt und dem Lichte dann durch Rollen mit einem nassen Brete die genaue cylindrische Form giebt.

Die Oellampen. Während die festen Fette sich als Kerzen verwenden lassen, müssen für die Oele besondere Reservoire geschaffen werden. Die Lampenformen, wie sie uns das Alterthum überliefert hat, zeichnen sich zwar durch große Schönheit und Eleganz, aber auch durch große Unzweckmäßigkeit aus. Wenn wir die ganze Reihe von Erfindungen betrachten, welche in unserer Zeit von der einfachen Küchenlampe bis zur Carcel'schen Uhrlampe gemacht worden sind, so leuchtet es vor allen Dingen ein, daß es eine undankbare Arbeit sein würde, diese alle, auch nur annähernd, noch dazu ohne ausführliche Zeichnungen, beschreiben zu wollen. Interessant ist es dagegen, die Fehler der verschiedenen Constructionen und ihre allmälige Abstellung zu betrachten.

Als wichtigster Grundsatz ist Folgendes anzunehmen: „Um möglichst „viel Licht aus einer bestimmten Menge Leuchtmaterial zu ziehen, ist es „nöthig, daß gerade nicht mehr und nicht weniger Luft zugeführt wird, als „zur vollständigen Verbrennung genügt."

Wird mehr Luft als nöthig mit der Flamme in Berührung gebracht, so wird einerseits zuviel Kohlenstoff zugleich mit dem Wasserstoff verbrannt,

wodurch die Flamme blaß wird; andererseits sinkt auch die Temperatur, indem zu viel Stickstoffgas mit erwärmt werden muß. Ist dagegen ein Mangel an Luft vorhanden, so entweicht der Kohlenstoff unverbrannt, die Flamme wird roth und rußig.

Es ist ferner von Wichtigkeit, der Flamme, im Verhältniß zu ihrem Inhalt, die möglichst große Oberfläche zu geben. Dies begreift sich leicht, wenn man sich erinnert, daß das Licht von undurchsichtigen, glühenden Theilchen ausgestrahlt wird, und daß also das Licht, welches mehr im Centrum der Flamme erzeugt wird, nicht oder nur unvollständig in unser Auge gelangen kann. Ein dritter wichtiger Punkt ist die gehörige Speisung des Dochtes mit Oel. Beim Eintauchen in ein enges Reservoir wird er das Oelniveau rasch zum Sinken bringen und, indem er bei ungenügender Speisung mit Oel verkohlt, eine trübe, rothe Flamme geben. Endlich ist ein sorgfältiges Augenmerk auf die Concentration des Lichtes auf den Punkt, wo es gebraucht wird, zu richten. Dahin gehört vor allem die Vermeidung eines allzu großen und schädlichen Schattens durch den Oelbehälter.

Die antike Lampe, die Küchenlampe 2c. haben ein rasch sinkendes Oel-Niveau, einen zu dicken Docht, so daß leicht Kohlenstoff unverbrannt entweicht, und endlich einen zu großen Schatten. Man kann dreist behaupten, daß von den gebräuchlichsten Leuchteinrichtungen gerade die Küchenlampe das theuerste Licht liefert (s. u.). Es wäre deshalb von Wichtigkeit, Lampenconstructionen zu erfinden, welche mit der Einfachheit und leichten Transportirbarkeit dieser Art Lampen eine ausgiebigere Verwerthung des Leuchtmaterials verbänden, und man sollte meinen, daß es z. B. im Interesse der Grubenbesitzer liegen müßte, Preise auf derartige Erfindungen zu setzen. Die bis jetzt durchgängig beim Bergbau angewendeten Grubenlampen dienen eigentlich mehr dazu, die Dunkelheit zu zeigen, nicht sie zu erhellen.

Die deutsche Studirlampe beugt durch einen breiten Docht und einen freilich viel zu weiten Rauchfang dem Rauchen vor. Die Flamme hat im Verhältniß zu ihrem Inhalt eine große sichtbare Oberfläche, und das erzeugte Licht wird durch den conischen Schirm zweckmäßig nach vorn und unten reflectirt. Endlich tritt durch den verhältnißmäßig großen Oelbehälter das Sinken des Niveaus langsamer ein.

Um die dem Lampenlicht in größerem Verhältniß beigemengten rothen Strahlen zu neutralisiren und es dadurch dem Sonnenlicht ähnlicher zu machen, hat man vorgeschlagen, die innere Fläche dieses Schirmes mit einer schwachbläulich gefärbten Schicht zu überziehen. Statt dessen kann man

auch schwachblau gefärbte Zuggläser anwenden. Das Licht wird dadurch wirklich merklich weißer und wohlthuender für die Augen, aber seine Helligkeit wird etwas beeinträchtigt. Zweckmäßig ist noch die Zugabe eines Getriebes, welches das beliebige Heben und Senken des Dochtes gestattet.

Unstreitig der wichtigste Fortschritt war die Erfindung des Franzosen Argand, einen ringförmigen Docht und darüber einen engen Zugcylinder anzuwenden.

So wird die Flamme nicht allein durch einen peripherischen, sondern auch durch einen centralen Luftstrom gespeist und auf diese Weise eine sehr intensive Wärme und Lichtentwickelung bewirkt. Durch die Fortschritte der Glasfabrikation ist es möglich geworden, sehr haltbare Cylinder herzustellen. Eine plötzliche Verengerung derselben, in halber Höhe der Flamme etwa, leitet den Luftstrom schräg seitwärts gegen die Flamme, wodurch eine wesentliche Steigerung des Lichteffectes erzielt wird. Durch einen ringförmigen Oelbehälter von eigenthümlichem Querschnitt wird zugleich das langsame Sinken des Niveaus und ein fast vollständiges Verschwinden des Schattens bewirkt. Durch eine Glocke von mattgeschliffenem Glase oder von Milchglas wird das Licht zerstreut und gemäßigt. So erhält man die Sinumbra- oder Astrallampen. Das Argand'sche Princip ist bis jetzt noch bei keiner bessern Lampenconstruction verlassen worden, obwohl man dabei auf die ganze Menge Licht verzichtet, welche auf der Innenseite des Dochtes entwickelt wird.

Die Lampe mit Sturzflasche setzt an die Stelle des constant sinkenden Niveau's ein in kurzen Intervallen immer wieder ansteigendes. Die blecherne, besser aus Glas geblasene Sturzflasche hat nur eine Oeffnung, die durch ein Ventil verschlossen wird, wenn man sie nach dem Eingießen des Oels umkehrt.

Bringt man sie in dieser Stellung in den Behälter, so öffnet sich das Ventil, indem ein daran befestigter Drahtstift am Boden aufstößt; es dringt Luft ein und das Oel fließt so lange aus, bis eben dadurch der Luftzutritt wieder abgeschlossen ist. Der Oelbehälter ist durch ein seitliches gekrümmtes Rohr mit dem Argand'schen Brenner verbunden, und wenn die Lampe richtig construirt ist, so muß in diesem Momente das Oel den Brenner bis zum Rande anfüllen. Wird nun die Lampe angezündet, so verzehrt sie allmälig das Oel, das Niveau sinkt, indessen nur so lange, bis die Eintrittsöffnung für die Luft wieder frei wird. Es dringt von neuem Luft hinein und Oel heraus, und so wiederholt sich das Spiel, bis der ganze Inhalt der Sturzflasche verbraucht ist.

Das Ideal der Lampenconstructionen ist die Carcel'sche Uhrlampe mit constantem Ueberfließen des Oels. Hier bewegt ein Uhrwerk, das sich im Fuße der Lampe befindet und durch eine starke Feder getrieben wird, eine oder mehrere kleine Pumpen, die unmittelbar in dem Oelbehälter stehen. Das Oel wird dadurch beständig in die Höhe gehoben und fließt constant über den Rand des Brenners ab. Was nicht verbraucht wird, sammelt sich wieder in dem Reservoir an. Der Docht muß soweit herausgeschraubt werden, als es angeht, ohne das die Lampe raucht; er wird durch das immer frisch nachfließende Oel vor dem Verkohlen bewahrt. Dadurch, daß sich der Oelbehälter unmittelbar über dem Triebwerke, im Fuße der Lampe, befindet, wird jeder schädliche Schatten vermieden. Der einzige Vorwurf, den man diesen Lampen machen kann, ist der etwas hohe Preis und die Complicirtheit des Uhrwerks. Dessenungeachtet hat sie in der Praxis noch nicht durch die Vorschläge verdrängt werden können, welche auf anderm Wege, durch hydrostatischen Druck 2c. ein constantes Ueberfließen erzielen wollten.

Dagegen haben sich in letzterer Zeit die sogenannten Moderateurlampen wegen ihrer vorzüglichen Wirkung neben verhältnißmäßig billigem Preise einer ausgedehnten Verwendung zu erfreuen gehabt. Sie sind ganz nach dem Carcel'schen Prinzip construirt, nur daß das Pumpwerk durch eine einfache Spiralfeder ersetzt wird, die auf einen Kolben drückt, der im Oelbehälter befindlich ist. Hierdurch wird das Oel zum Brenner gehoben, anfangs natürlich mit größerer Energie, als zuletzt, wo die Feder schon abgespannt ist. Man vermeidet diese Unregelmäßigkeit ziemlich vollständig dadurch, daß man am Boden des Oelbehälters einen nach oben dicker werdenden Dorn anbringt, der die Steigrohröffnung im Kolben um so mehr erweitert, je mehr der Kolben herabgeht. Das überfließende Oel sammelt sich über dem Kolben an und fließt bei Wiederaufziehen der Feder durch ein Ventil in den Oelbehälter zurück.

Eine ziemlich müßige Erfindung ist noch zu erwähnen, welche unter dem Namen Solar- und Lunarlicht vor einiger Zeit mit großer Energie ausposaunt worden ist. Das ganze Geheimniß bestand in dem Hineinbringen eines sehr feuerbeständigen Körpers, der Magnesia, in die Flamme. Es ist im Anfange erwähnt worden, daß dieselbe beim Erhitzen vor dem Löthrohr stark leuchtet. Dieselbe wird mit Wasser zu einem dünnen Brei angemacht und auf ein kegelförmig zugeschnittenes Stück eines lockern Gewebes wie Tüll 2c. aufgetragen. Hängt man nun diese kleine Mütze in die

Spitze der Flamme, so verbrennt die organische Substanz, die Magnesia bleibt aber noch locker zusammenhängend zurück und leuchtet stark. Es begreift sich leicht, daß ein etwas stärkerer Luftstrom genügt, um die ganze Künstelei zu zerstören.

Die oben erwähnte Carcel'sche Lampe, oft mit mehreren in einandergeschachtelten Dochten, ist für Leuchthürme fast ausschließlich im Gebrauch. Man sucht dabei ihr Licht, durch Metallreflectoren in ein Bündel von parallelen Strahlen vereinigt, nach einer bestimmten Richtung zu senden. Vollkommener geschieht dies durch Glaslinsen; da es indessen seine fast unüberwindliche Schwierigkeiten hat, dieselben in hinreichender Größe aus einem Stücke herzustellen, so hat man sie nach Fresnel's Vorschlage aus einer kleinen Centrallinse und mehreren aus Stücken zusammengesetzten Glasringen construirt, deren Querschnitt so berechnet ist, daß ein solches System eine einzige Linse von demselben Durchmesser vollständig vertreten kann.

Mehrere solche Linsensysteme sind gewöhnlich an einem leicht beweglichen Gestell rings um die Lampen angebracht, und, indem nun das Ganze langsam um die Lampe rotirt, erzielt man regelmäßige Abwechselungen von Licht und Dunkelheit, durch welche das Licht des Leuchtthurms von andern Küstenlichtern unterschieden werden kann.

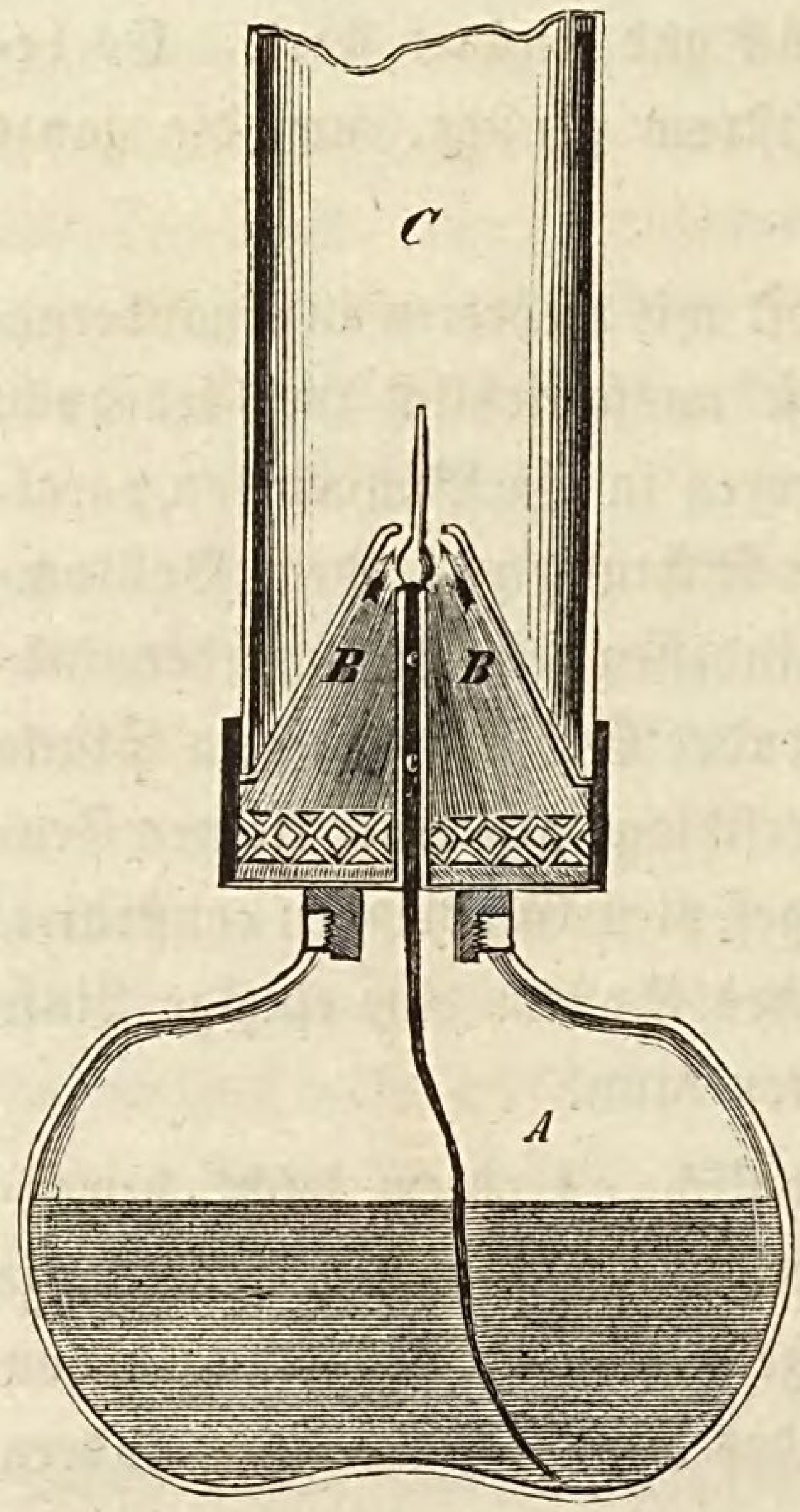
Diese Lampen-Constructionen genügen zwar für die fetten, nicht aber für die soviel kohlenstoffreicheren, flüchtigen Oele, die in denselben unausbleiblich mit stark rußender Flamme verbrennen würden.

Sehr unzweckmäßig ist es indessen, dieser Rußabscheidung durch Beimengung von kohlenstoffarmen Körpern, wie Spiritus oder Holzgeist, steuern zu wollen, indem hierdurch gerade der größte Vorzug dieser Körper, bei zweckmäßiger Construction der Lampen eine äußerst heiße und blendend weiße Flamme zu liefern, verloren geht.

Nebenbei macht der beigemengte starke Spiritus das Leuchtmaterial unverhältnißmäßig theuer.

Die Lüdersdorf'sche Dampflampe ist daher trotz ihrer anfänglichen raschen Verbreitung fast überall außer Gebrauch gekommen. Sie besteht übrigens aus einem hohlen metallenen Knopfe, in welchen ein dicker Docht hineinragt, der das Spiritus-Terpentinölgemenge zuführt. Wird derselbe durch eine untergehaltene Spiritusflamme erhitzt, so verwandelt sich die vom Dochte aufgesaugte Flüssigkeit in Dampf, der zu ringsherum vertheilten Schlitzen herausdringt und kleine hellleuchtende Flammen bildet, die durch ihre Wärme die continuirliche Dampfbildung unterhalten.

Fig. 22.



Photogenlampe.
Nach Benkler'schem Princip.
A Photogenbehälter. e e Dochthalter.
B B Flachgedrückter Trichter von Messingblech. C Glascylinder.

Die rußfreie Verbrennung der reinen flüchtigen Kohlenwasserstoffe ist durch zweckmäßige Lampenconstructionen in der letzteren Zeit vollständig erreicht worden. Das wesentliche Moment besteht dabei darin, daß man die Luft, nachdem sie vorher wo möglich etwas erhitzt ist, in schräger Richtung in die Flamme leitet, dann aber auch nicht zu viel Luft zutreten läßt.

Vorzüglich auf zweierlei Wege wird das erreicht. Für einfachere Lampen findet das Benkler'sche Princip Anwendung, das in nebenstehender Zeichnung verdeutlicht ist. A ist der Photogenbehälter. BB ist ein flachgedrückter Conus von Messingblech. C der Glascylinder, der an den gedachten Conus luftdicht anschließt.

Die Luft tritt in der Richtung der Pfeile in die Flamme, die nun absolut rußfrei, mit glänzendem Lichte verbrennt, indessen theilweise durch den Conus verdeckt ist. Dieser Conus erwärmt sich sehr stark und giebt einen Theil seiner Wärme an die vorbeistreichende Luft ab.

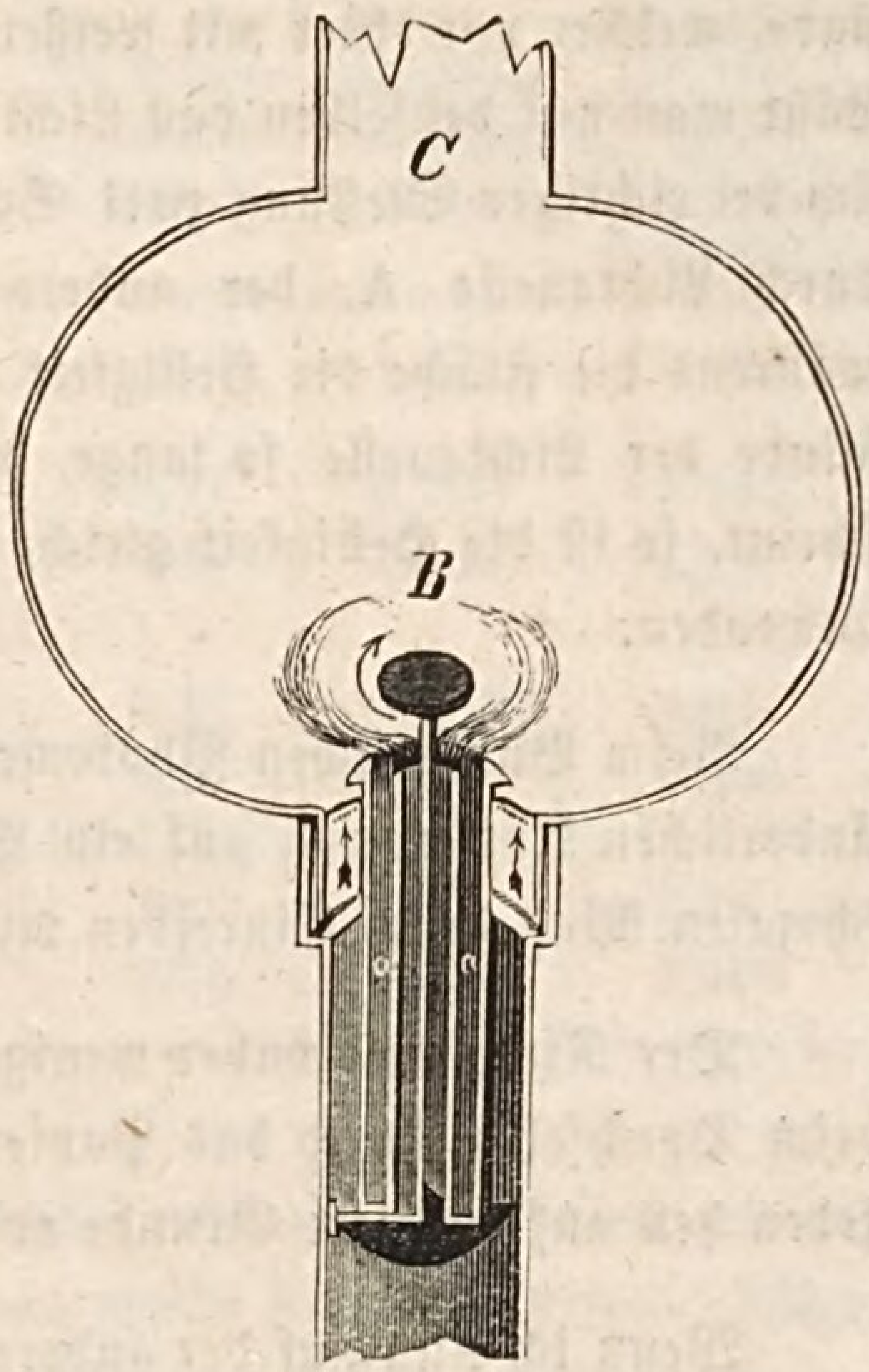
Das zweite angewendete Princip ist das der sogenannten Liverpoollampe, das auch schon bei Oel angewendet worden ist, (s. Fig. 23). Es ist dies eine gewöhnliche Argand'sche Lampe, indessen mit Zugabe des Kupferplättchens B, das den aufsteigenden centralen Luftstrom seitlich auszuweichen zwingt. Die dadurch zur Seite getriebene Flamme trifft mit dem senkrecht aufsteigenden Luftstrome zusammen, den das Zugglas C veranlaßt, und wird dadurch wiederum glockenförmig nach oben getrieben.

Die bauchige Erweiterung des Zugglases soll dem Zerspringen durch zu heftige Erhitzung vorbeugen.

Um zum Schluß noch Einiges über die Mengen Licht zu erwähnen, welche durch diese verschiedenen Leuchtmaterialien geliefert werden, so ist diese Bestimmung von noch viel größeren Schwierigkeiten umgeben, wie die analoge bei der Wärme. Da man das Licht nicht an irgend einen

Körper binden und so die durch ein bestimmtes Gewicht Leuchtstoff producirte Menge ansammeln und messen kann, so müssen wir uns begnügen, die Intensitäten der verschiedenen Lichtquellen mit einander oder mit einem Normallicht zu vergleichen. Man findet, statt des pyrometrischen, den photometrischen Effect und berechnet daraus den absoluten.

Fig. 23.



Liverpoollampe.
a a Dochthalter mit Docht. B Kupferplättchen, welches den centralen Luftstrom seitswärts ablenkt. C Glockenförmiger Glascylinder.

Die meisten Beobachter haben als Normallicht eine Carcel'sche Uhrlampe benutzt und ihre Lichtstärke = 100 gesetzt. Die Dimensionen dieser Lampen sind indessen so verschieden, daß sich die Beobachtungen verschiedener Personen gar nicht mit einander vergleichen lassen. Besser ist es schon, Wachskerzen, (6 oder 8 aufs Pfund), anzuwenden. Am besten wäre es wohl, wenn die Physiker, die sich mit Photometrie beschäftigen, übereinkämen, reines Leuchtgas, (C^2H^2), welches aus einer Oeffnung von bestimmtem Querschnitt unter bestimmtem Drucke ausströmt, als Normallicht zu benutzen. Es sind nun besonders zwei Methoden der Photometrie gebräuchlich; beide beruhen auf folgendem physikalischen Gesetze:

„Wenn ein und dieselbe Lichtquelle in verschiedenen Abständen von dem beleuchteten Gegenstande aufgestellt wird, so verhalten sich die erzeugten Helligkeiten umgekehrt wie die Quadrate der Abstände vom Lichte."

Daraus folgt: „Wenn zwei verschiedene Leuchtquellen in verschiedenen Abständen von der beleuchteten Fläche stehen, und die erzeugten Helligkeiten sind gleich, so verhalten sich die Lichtstärken umgekehrt wie die Quadrate der Abstände der Leuchtquelle von dem erleuchteten Gegenstande."

Das ältere Rumford'sche Photometer besteht in einem dünnen Holzstabe, welcher vor einer mit weißem Papier überzogenen Fläche aufgestellt ist. Läßt man auf denselben das Licht von zwei Lichtquellen fallen, so werden sich bei richtiger Stellung zwei Schatten bilden, von denen der eine nur durch Lichtquelle A, der andere nur durch Lichtquelle B bestrahlt wird, während die Fläche die Helligkeit A+B hat. Verändere ich nun die Abstände der Lichtquelle so lange, bis Schatten A dem Schatten B gleich erscheint, so ist die Helligkeit gleich, und es läßt sich das oben erwähnte Gesetz anwenden.

Beim Bunsen'schen Photometer fällt das Normallicht in einer unveränderlichen Entfernung auf ein Papierblatt, das bis auf einen kleinen, schmalen Ring durch Einreiben mit Stearinsäure durchsichtig gemacht ist.

Der Ring wird daher weniger Licht durchlassen, mehr reflectiren und beim Durchsehen durch das Papier dunkel auf hellem Grunde, beim Daraufsehen hell auf dunklem Grunde erscheinen.

Wenn ich nun auf der anderen Seite des Papierblattes die zu prüfende Lichtquelle stelle, so wird beim allmäligen Näherrücken der dunkle Ring immer heller werden und sich zuletzt nicht mehr von der Fläche unterscheiden lassen.

In diesem Momente ist begreiflicherweise die Intensität der Lichtwirkung von beiden Quellen aus gleich, und das obige Gesetz findet seine Anwendung. Rückt man noch näher, so überwiegt das reflectirte Licht, und der Ring erscheint hell auf dem dunklen Grunde.

Die Lichtstärken werden am besten in Verhältnißzahlen ausgedrückt, indem man die Lichtstärke der Carcel'schen Lampe = 100 setzt. Dividirt man diese Zahl mit der Menge des in einer Stunde z. B. verbrauchten Leuchtstoffes, so erhält man die Leuchtkraft. Hiervon und von dem Marktpreise des Leuchtstoffs ist der Werth desselben abhängig. Man kann angeben, wie viel das Leuchtmittel per Stunde, abgesehen von der Lichtmenge, oder wie viel eine bestimmte Menge Licht, wie z. B. das der Carcellampe, per Stunde kostet, wenn sie auf verschiedene Art erzeugt wird.

Hiernach wird man umstehende Tabelle von selbst verstehen, die aus Knapp's Technologie entnommen ist.

Beleuchtungs-Artikel.	Lichtstärke.	Verbrauch an Leuchtstoff, Gramme od. Cubik-Fuß.	Leuchtkraft. Uhrlampe = 100.	Preis von 100 Gramm Leuchtstoff in Kreuzern.	Kostet die Beleuchtung pro Stunde in Kreuzern.	Kostet das Leuchtmittel bei einer Stärke, wie die der Uhrlampe, pro Stunde in Kreuzern.
Talgkerze . . 6 aufs Pfund.	10,66	8,5	54,04	4,4	0,374	3,509
Küchenlampe	6,65	8,0	33,60	3,11	0,249	3,740
Studirlampe	12,50	11,0	47,50	3,11	0,342	2,737
Sineumbra-Lampe. . .	56,00	37,1	63,0	3,11	1,154	2,061
Uhrlampe . .	100,00	42,0	100,0	3,11	1,306	4,306
		Cubik-Fuß.		100 C.-Fuß.		
Kohlengas . .	127,00	8,70	—	20,0	1,74	1,37
Oelgas . . .	127,00	2,43	—	57,5	1,39	1,102

Man wird aus dieser Tabelle ersehen, wie die verbesserten Einrichtungen aus derselben Menge Brennstoff das meiste Licht produciren, daß es daher nur ein scheinbarer Profit ist, wenn die Hausfrauen die Küchenlampe, das Talglicht wegen ihren geringen Kosten vorziehen. Ein und dieselbe Menge Licht kauft man von der Küchenlampe 3mal so theuer, als von der Carcellampe.

Zweite Abtheilung.

Säuren und Alkalien.

Drittes Kapitel.

Schwefel. Schweflige Säure. Schwefelsäure.

Als im Jahre 1841 die neapolitanische Regierung die Ausfuhr des Schwefels mit Zöllen belegte, fand sich England bewogen, hierauf sogleich mit einer Art Kriegserklärung zu antworten. Gewiß nicht mit Unrecht, denn für England, für die ganze civilisirte Welt stand das Schicksal der chemischen Industrie in Frage. Ohne Schwefel keine Schwefelsäure, ohne Schwefelsäure keine Salzsäure, kein Chlorkalk, keine Soda; ohne Soda kein Glas, keine Seife 2c. 2c. Ohne Schwefel endlich kein Schießpulver, und somit ewiger Friede. Zwar hatten die Chemiker und Techniker Englands, nachdem sie sich vom ersten Schrecken erholt, alle Geisteskräfte in Bewegung gesetzt, um aus den Erzen, welche der heimathliche Boden bot, den enthaltenen Schwefel auf billige Weise abzuscheiden; das Mißverhältniß zwischen den beiden Schwefelquellen war indessen zu groß, um vor der Hand wenigstens eine Concurrenz mit dem vulkanischen Schwefel Siciliens zu erlauben. Mehrere englische Kriegsschiffe erschienen vor Neapel und die Maßregel unterblieb.

Der Schwefel findet sich in sehr reiner Form, oft sogar in sehr schönen Kristallen in der Nachbarschaft noch thätiger oder erloschener Vulkane. Er entsteht daselbst noch heut zu Tage aus dem sich stets in reichlicher Menge entwickelnden Schwefelwasserstoffgas. Kommt dies nämlich mit atmosphärischer Luft bei höherer Temperatur zusammen, so verbrennt es theilweise zu schwefliger Säure. Diese giebt mit dem rückständigen Schwefelwasserstoffgase Schwefel und Wasser. Es ist dies eine höchst einfache chemische Zerlegung. 2 Aeq. Schwefelwasserstoffgas enthalten genau so viel Wasserstoff, um mit dem Sauerstoff von 1 Aeq. schwefliger Säure Wasser zu bilden, und der Schwefelgehalt beider wird vereint ausgeschieden.

$$2SH + SO^2 = 3S + 2HO.$$

Wo blos kleinere Mengen Schwefelwasserstoffgas vorhanden sind, schreitet die Oxydation weiter; es bildet sich unter dem Einflusse der Feuchtigkeit, der Wärme und der Gegenwart poröser Körper Schwefelsäure, die sich mit etwa vorhandenen Basen zu Salzen vereinigt. Ein sehr prägnantes Beispiel dieser Umsetzung kann man an dem sogenannten brennenden Berge von Duttweiler in der Nähe von Saarbrücken bemerken. Hier ist vor langen Zeiten ein mächtiges Steinkohlenflöz in Brand gerathen, das wahrscheinlich sehr reich an Schwefelkies war. Die abströmenden Verbrennungsproducte halten, dem Geruche und andern Reactionen nach, Schwefelwasserstoff beigemengt. An allen Spalten, aus denen sie mit Wasserdampf gemengt, herausströmen, ist das umgebende Gestein, ein lockerer Thonschiefer, in schwefelsaure Thonerde verwandelt worden, deren Schwefelsäure allein aus dem Schwefelwasserstoffgase entstanden sein kann.

Welchem chemischen Processe die Lagen gediegenen Schwefels ihren Ursprung verdanken, die sich, z. B. in Gallizien, im Uebergangsgebirge vorfinden, ist bis jetzt noch unerklärt.

Außerdem findet sich der Schwefel in Verbindung mit Eisen als Schwefelkies, mit Blei als Bleiglanz, mit Zink als Zinkblende, mit Kupfer als Kupferglanz 2c.

Noch ausgebreiteter, als das dieser Schwefelmetalle, ist das Vorkommen einiger Salze der Schwefelsäure, z. B. des schwefelsauren Kalks oder Gypses, aus dem ganze Gebirgsmassen bestehen, des schwefelsauren Baryts 2c. Das schwefelsaure Natron ist neben Kochsalz ein characteristischer Bestandtheil des Meerwassers. Selbst in den Gebilden des Pflanzen- und Thierreichs ist Schwefel, und zwar meistens in organischer Verbindung enthalten. Die für die lebenden Organismen so wichtigen Proteinstoffe enthalten als nie fehlenden Bestandtheil kleine Mengen Schwefel. In dem Körper eines ausgewachsenen Menschen, sind einer mäßigen Berechnung zufolge, fast 8 Loth Schwefel enthalten.

In seinen chemischen Beziehungen steht der Schwefel dem Sauerstoff sehr nahe, wir kennen Schwefelbasen und Sulphosäuren, die dieselbe Rolle spielen, wie die entsprechenden Sauerstoffbasen und Sauerstoffsäuren. Schwefelnatrium reagirt fast ebenso alkalisch als das Sauerstoffnatrium oder Aetznatron. Es liefert mit Schwefelantimon das Schlippe'sche Salz, eine besser krystallisirte Verbindung, als das Antimonoxyd-Natron. Der Schwefelwasserstoff ist nach demselben Typus zusammengesetzt, als der Sauerstoffwasserstoff oder das Wasser.

Dagegen sind die physikalischen Eigenschaften des Schwefels von denen des Sauerstoffs unendlich verschieden. Er ist, wie bekannt, ein eigenthümlich gelber, fester Körper, der eine große Neigung zum Kristallisiren besitzt. Läßt man seine Auflösung in Schwefelkohlenstoff langsam verdunsten, so erhält man ihn in hellgelben, durchsichtigen, spitzen Rhombenoctaëdern, ganz in derselben Form, wie ihn die Natur bildet. Wird dagegen eine größere Menge Schwefel geschmolzen und langsam erkalten gelassen, so bilden sich lange dünne Nadeln, schief rhombische Prismen, die mit bräunlicher Farbe durchsichtig sind. Am besten bekommt man sie, wenn man die an der Oberfläche gebildete Kruste unmittelbar vor dem völligen Erstarren durchstößt und den noch flüssigen Theil von den gebildeten Krystallen abgießt.

Beim längeren Stehen werden sie undurchsichtig und nehmen die helle, eigenthümliche Schwefelfarbe an. Augenblicklich erfolgt diese Umwandlung beim Ritzen ihrer Oberfläche. Es ist wahrscheinlich, daß dieser Vorgang von dem Zerfallen der größeren Kristalle in ein Conglomerat kleinerer abhängig ist, die dem zuerst erwähnten Kristallsystem angehören.

Der Schwefel schmilzt bei ungefähr 110° C. langsam zu einer dünnen hellgelben Flüssigkeit. Steigert man die Temperatur über 160° hinaus, so nimmt er eine dickflüssige Consistenz an, indem er zugleich dunkel rothbraun wird. Hat der Schwefel bei ungefähr 250° C. den Zustand eines dicken Syrups angenommen, und gießt man ihn dann in kaltes Wasser, so bleibt er auch nach vollständigem Erkalten weich, durchscheinend und hellbraun. Er läßt sich in dünnen Fäden ziehen und zum Abdrücken von Medaillen verwenden. Nach längerer Zeit erhärtet er indessen wieder, indem er zugleich gelb wird und völlig in den Zustand des gewöhnlichen Schwefels zurückkehrt. Bei 300° C. endlich wird der Schwefel wieder dünnflüssiger und fängt bei circa 400° C. an zu sieden. Der übergehende rothbraune Dampf condensirt sich beim Abkühlen in Form eines feinen gelben Schnees, der sogenannten Schwefelblumen, die sich unter dem Mikroskop als aus lauter kleinen Kügelchen bestehend zeigen. Ist der Condensationsraum über 110° C. erhitzt, so schlägt sich der Dampf in flüssiger Form nieder. Kleine so gebildete Tröpfchen bleiben oft tagelang, selbst nach völligem Abkühlen, flüssig und erstarren erst beim Reiben mit einem harten Körper.

Diese drei Modificationen des Schwefels sind von Berzelius mit dem Namen „allotropische Zustände“ bezeichnet worden, Zustände, die sich auch beim Kohlenstoff und beim Phosphor wiederfinden. Diamant und Graphit sind chemisch vollständig identisch, bekanntlich aber unendlich verschieden

in ihren physikalischen Eigenschaften. Der gewöhnliche, farblose, durchsichtige, so leicht entzündliche Phosphor ist in chemischer Beziehung durch Nichts zu unterscheiden von dem dunkel scharlachrothen, erst bei 200° entzündlichen, sogenannten amorphen Phosphor, der durch Professor Schrötter aus Wien entdeckt worden ist.

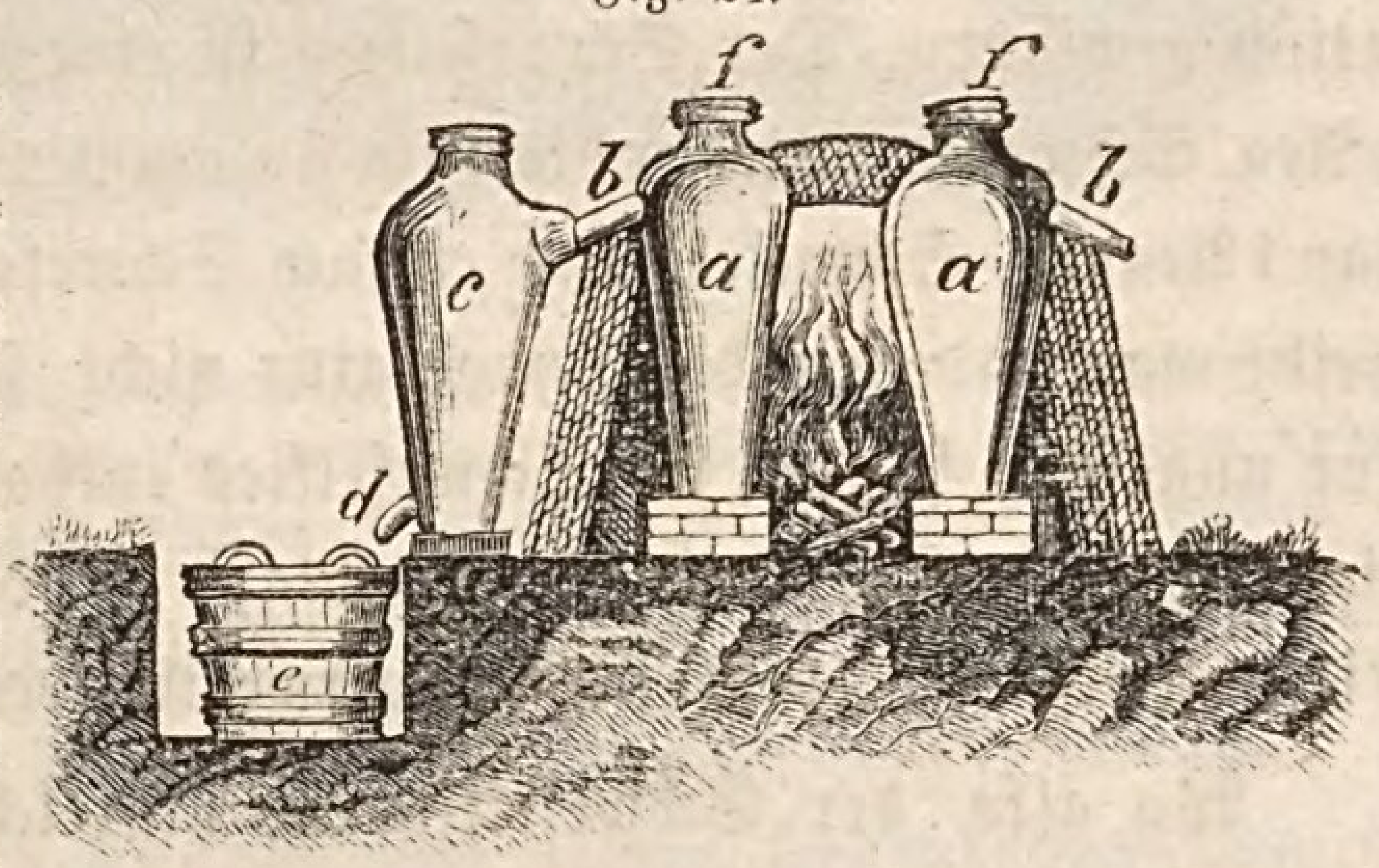
Der auf 150° C. erhitzte Schwefel entzündet sich sehr leicht an der Luft und verbrennt zu schwefliger Säure. Wegen dieses Umstandes dient er zum Ueberziehen der Schwefelfäden und Zündhölzer.

Besonders in Dampfgestalt verbindet sich der Schwefel leicht mit den regulinischen Metallen, oft unter Feuererscheinung. Er geht mit dem Sauerstoff, so viel jetzt bekannt, sieben Verbindungen ein, die sämmtlich Säuren sind. Nur die schweflige Säure, SO^2, und mehr noch die Schwefelsäure, SO^3, sind von größerer technischer Wichtigkeit. Durch directe Verbindung der Elemente wird nur die erstere gebildet. Mit Wasserstoff bildet er das sehr unangenehm riechende Schwefelwasserstoffgas, das im reinen Zustande durch Uebergießen einiger Schwefelmetalle, wie z. B. Schwefeleisen mit verdünnten Säuren gewonnen wird. Sonst ist es auch ein Product der trockenen Destillation und der Fäulniß organischer, schwefelhaltiger Körper. Der hierbei häufig auftretende üble Geruch rührt überwiegend von Schwefelwasserstoff her, und man hat daher nicht mit Unrecht die faulen Eier als Vergleichungsgegenstand für seinen Geruch gewählt. Auch mit Kohlenstoff geht der Schwefel eine Verbindung ein, wenn er in Dampfgestalt über stark glühende Kohlen hinweggeleitet wird. Das erzeugte Product, der Schwefelkohlenwasserstoff, $CS,^2$ stellt im reinsten Zustande eine sehr leicht bewegliche, farblose, stark lichtbrechende Flüssigkeit dar, die bei 40° C. siedet und daher an der Luft mit großer Geschwindigkeit verdampft. Der dabei auftretende Geruch ist für zarte Nerven unerträglich. Der Dampf dieses Körpers giebt mit Luft gemengt ein Gemisch, das beim Annähern eines Lichtes explodirt, indem sich Kohlensäure und schweflige Säure bilden. Da der Schwefelkohlenstoff in letzterer Zeit zum Auflösen des Kautschucks, zum Imprägniren desselben mit Schwefel 2c. vielfältig in den Handel gekommen ist, so mahnt dieser Umstand zur größten Vorsicht mit demselben. Zu dem erwähnten Vulkanisiren des Kautschuks eignet sich der Schwefelkohlenstoff deshalb so gut, weil er große Mengen Schwefel mit Leichtigkeit löst. Dieser setzt sich beim Verdampfen in schönen durchsichtigen Krystallen ab. (S. o.)

In chemischer Beziehung steht der Schwefelkohlenstoff der Kohlensäure sehr nahe und liefert besonders mit vielen organischen Substanzen äußerst interessante Verbindungen.

Die Darstellung des Schwefels im Großen, aus den natürlichen Schwefelerzen, erfolgt an Ort und Stelle, meist mit sehr unvollkommenen Hülfsmitteln. Bei den reineren Stücken ist ein einfaches Ausschmelzen in Anwendung. Ein eingemauerter Kessel wird mit den grobzerschlagenen Schwefelstufen angefüllt und durch ein mäßiges Feuer so lange geheizt, bis der Inhalt völlig geschmolzen ist. Man muß sich dabei hüten, die Temperatur über 150°C. zu steigern, weil dadurch einerseits eine Entzündung des Schwefels eintreten, andererseits aber auch die Dünnflüssigkeit verloren gehen würde, welche so nöthig ist, damit sich die erdigen Unreinigkeiten absetzen. Der oben aufschwimmende Schwefel wird nach kurzer Ruhe mit eisernen Löffeln abgeschöpft und in hölzerne, schüsselförmige Formen gegossen. Diese werden vorher in Wasser getaucht, damit die Blöcke leicht herausgehen, die alsdann in 2 — 3 Stücke zerschlagen, in Fässer verpackt und versendet werden.

Fig. 24.

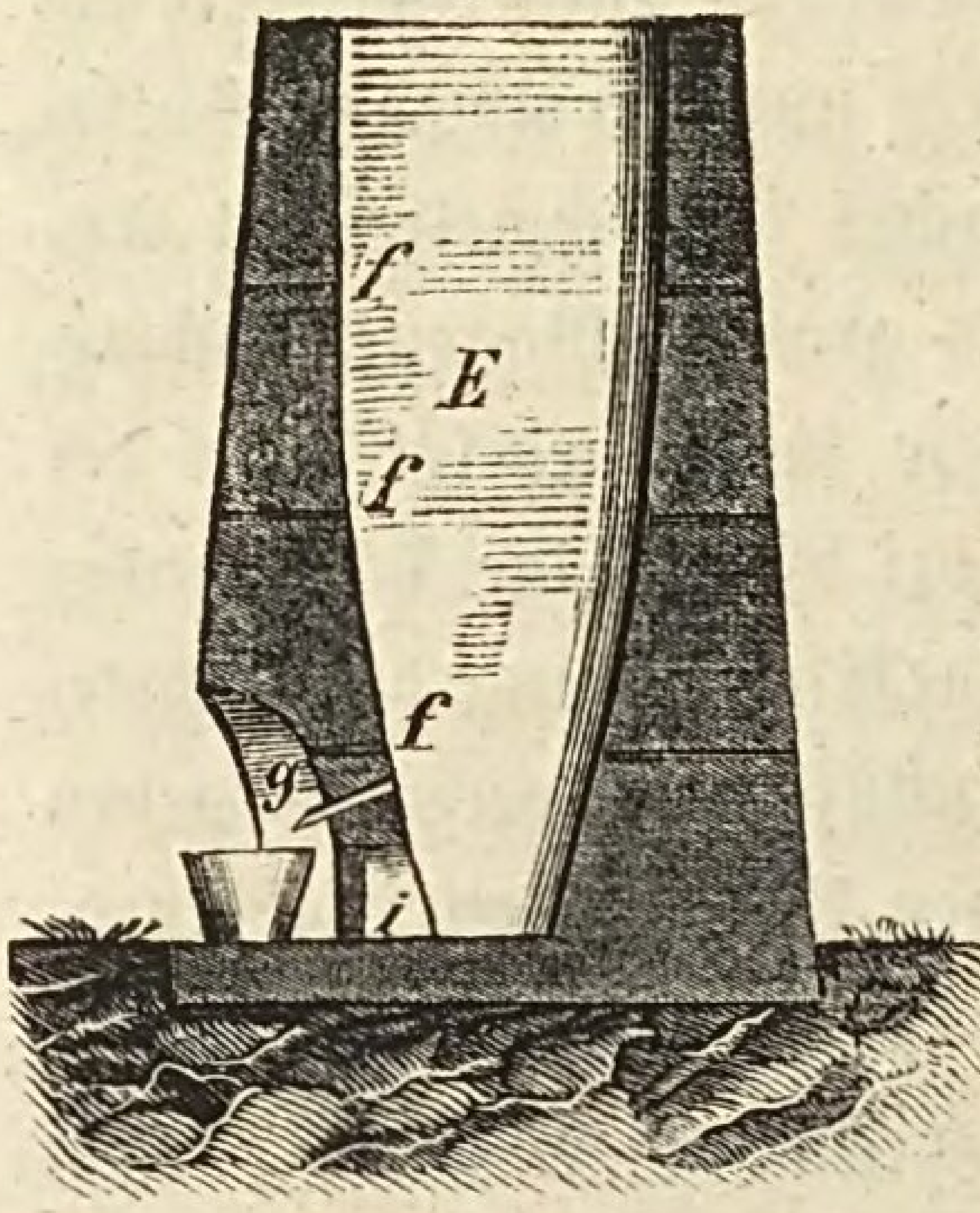


Abdestilliren des Schwefels aus den Erzen.

Den Schwefel aus den erdigen Rückständen und aus den ärmeren Erzen gewinnt man durch eine Art roher Destillation. Die Retorten werden durch unglasirte Thongefäße a gebildet, die sich in der Form den gewöhnlichen deutschen Wasserkrügen nähern. Der nach unten geneigte Ausguß b dient zum Abführen des Schwefeldampfes; er mündet in ein ganz ähnliches Gefäß c, an dem nur statt dieser Dülle ein Loch zum Einfügen des Retortenhalses vorhanden ist. Durch ein kleines Rohr d am Boden läuft der überdestillirte Schwefel in ein untergesetztes Wassergefäß e ab und nimmt dadurch die wurmartige Form an, unter der ihn unsere Schwefelsäurefabriken erhalten.

Die Destillationsgefäße werden durch die weite obere Mündung beschickt, worauf dieselbe durch eine mit Thonbrei aufgekitttete Thonplatte f verschlossen wird. Sie stehen in 2 Reihen zu 12 — 16 Stücken nebeneinander, und zwischen ihnen wird das Brennmaterial eingeschoben und angezündet. Zwei niedrige Längsmauern, welche sie einschließen, dienen zum besseren Zusammenhalten des Feuers. Sehr arme Erze treibt man auch wohl in einer Art schwach konischen Schachtofen E ab, dessen Wände mit Zuglöchern f f durchbohrt sind. (S. Fig. 25 a. f. Seite.)

Fig. 25.



Schachtofen zur Bearbeitung sehr armer Schwefelerze.

Man zündet zuerst einen Haufen Spähne am Boden an und wirft nun das Erz darauf. Indem ein Theil des Schwefels verbrennt, schmilzt durch die erzeugte Wärme der übrige heraus, sammelt sich unten an und fließt durch eine besondere Röhre g ab. Eine weite, lose zugestellte Oeffnung i dient dazu, um von Zeit zu Zeit das taube Gestein herauszuziehen, worauf der Ofen von Neuem beschickt wird. Die schweflige Säure muß indessen die Arbeiter sehr belästigen.

Aus Schwefelkies kann man einen Theil des darin enthaltenen Schwefels durch Destillation gewinnen. Der Schwefelkies ist eine Verbindung von 1 Aeq. Eisen und 2 Aeq. Schwefel. Wird er bis zum Zusammenschmelzen erhitzt, so verliert er genau 1 Aequiv. Schwefel, und einfach Schwefeleisen bleibt zurück. Gewöhnlich treibt man indessen die Temperatur nicht so hoch und erhält dann freilich nur ungefähr $1/4$ des im Schwefelkies enthaltenen Schwefels. Die rückständige, bloß zusammengesinterte Masse oxydirt sich nunmehr sehr leicht zu Eisenvitriol, ein ebenfalls gut verwerthbares Salz.

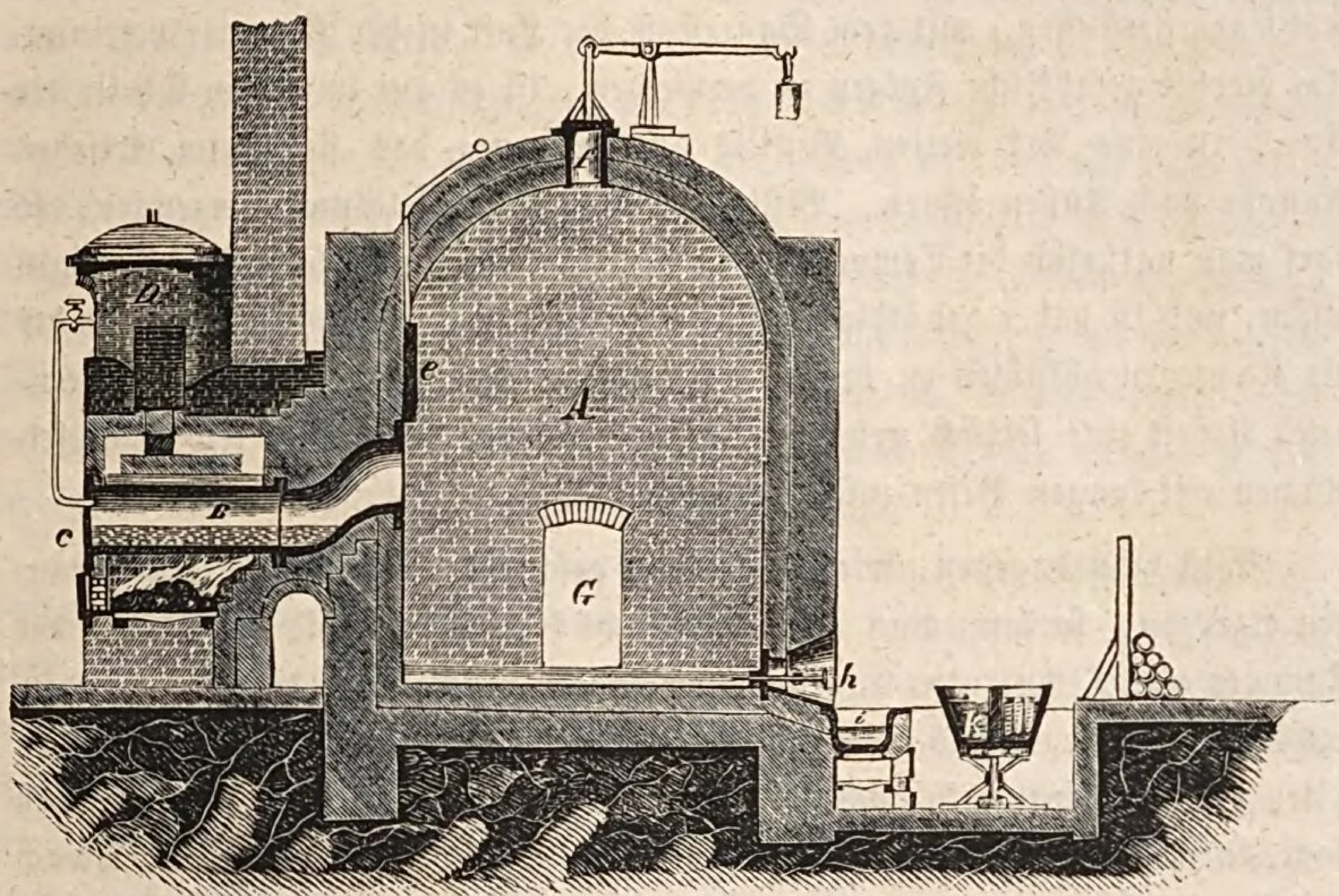
Wo also der Schwefelkies in hinreichender Menge zu erhalten und das Brennmaterial außerdem wohlfeil ist, kann die Destillation desselben in thönernen Retorten ein practisches Resultat liefern.

Auch beim Rösten mancher Kupfererze, die reich an Schwefelkies sind, wird als Nebenproduct Schwefel gewonnen, so z. B. in Goslar am Harz. Leider ist dieser so erhaltene Schwefel meist arsenikhaltig und daher zu gewissen Zwecken weniger gut zu gebrauchen. Der Arsenik geht in die Schwefelsäure mit über und kann dieselbe dann in alle die Substanzen begleiten, zu deren Darstellung eine solche arsenikalische Schwefelsäure angewendet wird.

Raffination des Schwefels.

Wenn auch die größte Menge des dargestellten Schwefels als Rohschwefel zur Erzeugung der Schwefelsäure verwendet wird, so muß doch eine nicht unbedeutende Menge desselben, bevor sie zur Verwendung, z. B. zur Pulverfabrikation, völlig tauglich ist, raffinirt, d. h. von den erdigen Beimengungen befreit werden. Dies geschieht durch eine sorgfältig geleitete Destillation. Diese Fabrikation hat sich besonders in den größeren See-

Fig. 26.



Raffination des Schwefels.

A Condensationskammer, B Retorte, D Schmelzgefäß für den Schwefel, G Thüre zum Herausnehmen der Schwefelblumen, c Retortendeckel, e Schieber, f Sicherheitsventil, h Kegelventil zum Ablassen des Schwefels, i Kessel zum Auffangen desselben, k Drehstuhl zur Aufnahme der Formen.

städten des Mittelmeeres etablirt, und wir erhalten den meisten raffinirten Schwefel von Marseille. Der hierzu benutzte Apparat ist sehr einfach. In eine weite, gemauerte Kammer A münden zwei eiserne, liegende Retorten, aus denen der Schwefel abdestillirt wird. Diese Retorten bestehen aus einer weiten, eisernen Röhre B, die an dem einen Ende durch einen Deckel c mit Druckschraube, ganz wie eine Gasretorte, verschlossen ist, an dem andern aber sich *S*förmig aufbiegt und mit ihrem ganzen Querschnitt frei in die anstoßende Condensationskammer mündet.

Die erwähnten Retorten liegen über abgesonderten Feuerungen und werden aus einem gemeinsamen Reservoir D gespeist, in dem durch die abziehende Flamme der Rohschwefel flüssig erhalten wird. Obgleich schon hier ein theilweises Absetzen der erdigen Theile stattfindet, so ist es dessenungeachtet von Zeit zu Zeit nöthig, die Retorten zu reinigen. Man sperrt zu diesem Ende ihre Mündungen nach den Kammern zu durch einen Schieber e ab, entfernt dann die äußeren Deckel und schafft die angehäuften erdigen Rückstände heraus.

Die Kammer muß hinreichend groß sein, um dem Schwefeldampfe Gelegenheit zum Abkühlen zu geben. Beim Anfeuern tritt oft eine ziemlich

heftige Explosion ein, indem sich der Schwefeldampf, (gemengt vielleicht mit Kohlenwasserstoffen,) mit dem Sauerstoff der Luft in der Kammer vereinigt. Um hierbei gefährliche Folgen zu vermeiden, ist es gut im obern Theile der Kammern eine Art weiten Ventils anzubringen, das sich beim leisesten Anstoße nach Außen öffnet. Will man blos Schwefelblumen erzeugen, so darf man natürlich die Temperatur in den Kammern nicht über 110° steigen lassen, und ist daher genöthigt, blos bei Tage zu arbeiten, um des Nachts die Kammern abkühlen zu lassen. In diesem Falle öffnet man nach beendeter Arbeit eine seitlich gelegene Thüre G, kehrt die gebildeten Schwefelblumen mit langen Besen zusammen nnd holt sie mit Krücken heraus.

Will man dagegen, wie es meistens geschieht, nur Schwefel in Stangen erzeugen, so kann man Tag und Nacht fortfeuern, bis die Wände der Kammer eine Temperatur angenommen haben, welche nahe dem Siedepunkte des Schwefels liegt, und also gar nicht mehr condensiren. Man wird indeß selten die Temperatur so hoch steigen lassen. Der Boden der Kammer muß nach einem Punkte zu schwach geneigt sein. Hier befindet sich eine schwach conische Oeffnung, die durch ein Kegelventil h geschlossen gehalten wird. Durch Wegstoßen desselben mittelst eines an demselben sitzenden Stabes wird die Oeffnung frei, und der angesammelte Schwefel läuft in ein untergesetztes Gefäß oder besser in einen eingemauerten Kessel mit besonderer Feuerung, aus dem man ihn mit Kellen in schwach conische, angefeuchtete Holzformen zu den bekannten Stangen gießt. Diese Formen sind zwischen den Speichen eines horizontal sich drehenden Rades k aufgestellt, wodurch ein systematisches Füllen und Entleeren derselben möglich gemacht wird.

Die rohen Schwefelblumen sind immer etwas durch Schwefelsäure verunreinigt. In ihren Poren hat sich nämlich schweflige Säure condensirt, die sich an feuchter Luft zu Schwefelsäure oxydirt. Sie müssen daher vor ihrer Anwendung in der Medicin mit Wasser ausgewaschen werden und sind aus demselben Grunde in der Pulverfabrikation nicht anwendbar, da durch die freie Schwefelsäure ein Theil Salpeter zerlegt werden würde.

Ihr verhältnißmäßig höherer Preis beruht auf den vermehrten Anlagekosten, der gesteigerten Arbeit und dem Mehrverbrauch von Brennmaterial.

Schweflige Säure. Die leichte Darstellung der schwefligen Säure in gasförmiger Gestalt hat schon in früherer Zeit auf die Anwendung derselben zu mannigfaltigen Zwecken geführt. Kommt dieselbe mit Flüssigkeiten zusammen, welche Luft aufgelöst enthalten, so verbindet sie sich leicht

mit dem Sauerstoff zu Schwefelsäure, und da sie in viel größerer Menge vom Wasser gelöst wird, so kann sie diese Wirksamkeit auch bei erneutem Luftzutritt noch einige Zeit ausüben. Es ist nun eine der nothwendigsten Bedingungen zur Fäulniß, daß Sauerstoff mit den sich zersetzenden Substanzen in Berührung kommt. Ohne Sauerstoffzutritt keine Fermentbildung, ohne Ferment keine Gährung, ohne Sauerstoff endlich keine Verwesung, keine Oxydation. Bei der Verwesung des Alkohols zu Essigsäure werden auf 46 Theile Alkohol 32 Theile Sauerstoff aufgenommen. Nehmen wir daher den Sauerstoff durch einen energisch sich oxydirenden Körper vorweg in Beschlag, so kann keine Essigsäurebildung stattfinden.

Somit wendet man das sogenannte Schwefeln nicht allein zum Aufhalten der Gährung bei Wein- und Aepfelmost, sondern auch zum Verhindern des Sauerwerdens von fertigem Wein an. Gewöhnlich geschieht dies, wie schon seit Jahrhunderten, indem man in den Fässern, in welche die Flüssigkeiten gefüllt werden sollen, einen in geschmolzenen Schwefel getauchten Leinwandlappen abbrennen läßt. Geübte Weinschmecker wollen indessen diesen geschwefelten Wein nicht loben. Der Grund hierfür ist darin zu suchen, daß die entstandene Schwefelsäure die weinsauren Salze zersetzt und Weinsäure frei macht, die sich nun viel leichter im Weine auflöst, als das früher vorhandene saure weinsaure Kali, und dem Weine einen eigenthümlich herben Geschmack mittheilt.

Die fäulnißwidrige Kraft der schwefligen Säure ist meines Wissens noch nicht genug zur Lösung einer der brennendsten Fragen der Neuzeit, nämlich zur Conservirung der kranken Kartoffeln verwendet worden. Tausende von Scheffeln dieser nothwendigen Frucht gehen zu Grunde, indem sie in den Aufbewahrungsgruben einer fortgesetzten Fäulniß unterliegen. Wäre es nicht einfach, in einem ausgesparten Raume am Boden der Silo's Schaalen mit einem Gemenge von Schwefel und wenig Salpeter, (zum leichteren Fortbrennen,) hinzusetzen und dieses Gemenge anzuzünden, nachdem man die Grube bis auf eine kleine Eingangsöffnung sorgfältig mit Erde 2c. bedeckt hätte? Die erwähnte Oeffnung müßte, nachdem die erzeugte schweflige Säure sich durch den ganzen Raum verbreitet hätte, gleichfalls sorgfältig verschlossen werden. Die kleine Quantität Schwefelsäure, die sich allmälig bilden würde, könnte in keiner Art nachtheilig wirken.

Vor wenigen Jahren hat der belgische Chemiker Melsens viel Lärm in der Welt gemacht mit einem Vorschlage, dessen Priorität indessen unserm leider verstorbenen Landsmanne Dr. Stolle gebührt. Er wollte nämlich die rasche Bräunung und Zersetzung des Runkelrübensaftes durch Zufügung einer Lösung von

saurem schwefligsaurem Kalke unmittelbar beim Reiben vermeiden. Dieses Salz zeichnet sich dadurch aus, daß es zwar alle die reducirenden Wirkungen der schwefligen Säure hat, ohne daß sich doch so leicht freie Schwefelsäure bilden kann, die den Rohzucker beim Aufkochen in Trauben- und Schleimzucker überführen würde. Die gebildete Schwefelsäure fällt mit dem Kalke als Gyps zu Boden, indem sie höchstens wieder schweflige Säure frei macht. Man erhält einen ziemlich weißen, aber etwas schweflig riechenden Zucker; außerdem werden aber auch die Preßrückstände für das Vieh ungenießbar, und besonders aus diesem Grunde hat man dieses Verfahren in der neuesten Zeit, wenigstens in Europa, wieder gänzlich fallen lassen.

Auch die Gegenwart von Gyps im Safte ist wegen der Bildung von Krusten in den Abdampfgefäßen den Fabrikanten nicht angenehm. Endlich verwandelt sich derselbe, wenn er durch die Kohle absorbirt wird, beim Wiederbeleben derselben durch Glühen in Schwefelcalcium, dessen Gegenwart im Safte sich durch eine unangenehme graugrüne Färbung der Flüssigkeit verräth, die von der Bildung von Schwefelkupfer herrührt. Mehr Erfolg als bei den Zuckerrüben scheint die Anwendung desselben beim Zuckerrohr in den tropischen Colonien zu versprechen, indem hier die äußere hohe Temperatur eine rapide Entwickelung der Gährung zur Folge hat, und demnach ein solches gährungswidriges Mittel sehr erwünscht sein muß.

Man bereitet den sauren schwefligsauren Kalk sehr einfach dadurch, daß man die durch Verbrennung von Schwefel in einem kleinen Ofen erzeugte schweflige Säure durch Kammern leitet, in denen auf Horden schwach angefeuchtetes Kalkhydrat ausgebreitet liegt.

Die zweite wichtige Eigenschaft der schwefligen Säure besteht in dem Entfärben vieler Farbstoffe. Ueber den dabei stattfindenden chemischen Vorgang ist man noch durchaus im Unklaren. Eine Oxydation des Farbstoffes, wie sie unzweifelhaft bei der Anwendung des Chlors oder bei der gewöhnlichen Rasenbleiche stattfindet, liegt sicher nicht vor. Im Gegentheile könnte man an eine Reduction glauben, indem man sich z. B. an die Bildung des farblosen Indigos auf diesem Wege erinnerte. Es ist wahr, daß eine durch schweflige Säure gebleichte Rose, durch Eintauchen in schwaches Chlorwasser auf einen Augenblick wieder roth gefärbt wird, ein Vorgang, den man wohl als eine Wiederoxydation des Farbstoffes betrachten könnte. Dagegen läßt sich aber auch einwenden, daß dieselbe Wiederherstellung der Farbe durch Eintauchen in verdünnte Schwefelsäure erfolgt, und so gewinnt die Ansicht Platz, daß das Bleichen durch schweflige Säure nur auf einer

directen Verbindung derselben mit dem Farbstoffe beruhe, eine Verbindung, die sowohl durch Oxydation der schwefligen Säure zu Schwefelsäure durch das Chlor, als auch durch Austreibung derselben mittelst einer stärkeren Säure aufgehoben werden kann.

Wie dem auch sei, so ist der Gebrauch der schwefligen Säure nur auf das Bleichen der Wolle, der Seide, Federn 2c., kurz der thierischen Stoffe beschränkt, deren schwach gelbliche Farbe durch Chlor nur schwierig zerstört werden kann, oft sogar noch gesteigert wird.

Man befeuchtet diese Substanzen mäßig und hängt sie in einer gut zu verschließenden Kammer auf, in der man alsdann Schwefel verbrennt. In der letzteren Zeit ist die Anwendung einer wäßrigen Auflösung von schwefliger Säure, der sogenannten flüssigen Säure allgemein geworden. Sie wird ganz einfach durch Einleiten der gasförmigen Säure in kaltes Wasser gewonnen. Auch durch Erhitzen von conc. Schwefelsäure mit Kohle oder kohlehaltigen, organischen Substanzen wird schweflige Säure dargestellt. Die Schwefelsäure giebt Sauerstoff an dieselben ab, es bildet sich Kohlensäure und schweflige Säure, und letztere wird in überwiegender Menge von dem vorgeschlagenen Wasser absorbirt, während Kohlensäure entweicht.

Die reducirende Wirkung der schwefligen und unterschwefligen Säure bedingt die Anwendung des sogenannten Antichlor's in der Papierfabrikation. Dieses Geheimmittel, das im Anfange zu unverhältnißmäßig hohen Preisen verkauft wurde, ist ein Gemenge von kohlensaurem, schweflig- und unterschwefligsaurem Natron, das aus der Schwefelnatrium haltenden Mutterlauge der Sodafabriken durch Aussetzen an die Luft und Eintrocknen gewonnen wird. Schon in kleinen Mengen dem chlorhaltigen Papierbrei zugesetzt, wandelt es das Chlor in Salzsäure um, die sich mit dem kohlensauren Natron zu Kochsalz verbindet; während aus dem schwefligsaurem Natron neutrales schwefelsaures Natron wird, alles Substanzen, welche die Haltbarkeit des Papiers nicht im mindesten beeinträchtigen. Auch in den Leinwand- und Baumwollebleichereien findet das Antichlor jetzt vielfältige Anwendung.

Die Schwefelsäure. Von allen Rüstzeugen, womit die Industrie der Natur die Bedürfnisse und Bequemlichkeiten der Menschen abkämpft, ist eins der mächtigsten und schärfsten die Schwefelsäure.

Es giebt fast keinen Zweig der Technik, bei dem nicht die Schwefelsäure eine Rolle spielt, und es begreift sich dies leicht, wenn man bedenkt, daß

die Schwefelsäure nicht allein die stärkste, sondern auch die billigste Säure ist, welche die Chemie und der Handel kennt. Sie wird überall angewendet werden, wo die Abscheidung schwächerer Säuren aus ihren Salzen der Zweck ist, oder wo man aus irgend einem Grunde alkalische Substanzen neutralisiren, Metalle oder Metalloxyde zu Salzen auflösen muß. Dadurch aber, daß man sie in diesen Salzen sehr leicht reduciren kann, ist das Mittel zum Uebergang in die Alkalien gegeben. In der That giebt das schwefelsaure Natron beim Glühen mit Kohle Schwefelnatrium, eine Verbindung, die schon durch Kohlensäure zersetzt werden kann und dann kohlensaures Natron bildet. Dieser mannigfaltigen Anwendung entspricht auch ihr colossaler Verbrauch. Nur ein kleiner Theil davon wird durch die später zu erwähnende Nordhäuser Säure gedeckt, welche aus schwefelsaurem Eisenoxyde durch Destillation gewonnen wird und Antheile von wasserfreier Säure enthält.

In überwiegender Menge benutzt man die sogenannte englische Schwefelsäure, welche im reinen Zustande das erste Schwefelsäurehydrat, $SO^3 + HO$, d. h. eine Verbindung von 1 Aeq. oder 40 Theilen wasserfreier Schwefelsäure mit 1 Aeq. oder 9 Theilen Wasser darstellt. Zu dessen Erzeugung wird zuerst durch Verbrennen des Schwefels an der Luft schweflige Säure gebildet, und diese nun durch Beihülfe der Salpetersäure oxydirt.

Die schweflige Säure ist, wie wir oben gesehen haben, ein höchst leicht oxydirbarer Körper. Sie nimmt den Sauerstoff aus vielen daran reichen Körpern mit Begierde auf, nur langsam indessen, so lange derselbe in Gasgestalt, frei und unverbunden sich befindet.

Während daher der Schwefel bei seiner Verbrennung selbst im reinsten Sauerstoffgase nur schweflige Säure bildet, so wird diese erst, wenn sie mit gelöstem Sauerstoff, z. B. mit lufthaltigem Wasser, zusammenkommt, zu Schwefelsäure oxydirt.

Man braucht ferner nur schwefligsaures Gas, mit Luft gemengt, über etwas erwärmte poröse Körper, z. B. Platinschwamm oder Bimstein, zu leiten, um Schwefelsäure in reicher Menge zu erzeugen. Beide Gase werden an der überaus großen Oberfläche dieser Körper condensirt und treten dann augenblicklich mit einander in Verbindung.

Noch leichter findet die Erzeugung der Schwefelsäure statt, wenn das Verbrennungsproduct des Schwefels mit Substanzen in Berührung tritt, die Sauerstoff im Ueberschuß und lose gebunden enthalten und so gewissermaßen flüssigen oder festen Sauerstoff repräsentiren. Man braucht das

schwefligsaure Gas nur über Baryumsuperoxyd zu leiten und schwach zu erhitzen, um unter glänzender Lichterscheinung die Bildung von schwefelsaurem Baryt eintreten zu sehen. Das einzige practische Oxydationsmittel ist indessen die Salpetersäure, NO^5, eine Verbindung von 1 Aeq. oder 14 Theilen Stickstoff mit 5 Aeq. oder 40 Theilen Sauerstoff. Kommen damit 2 Aeq. schweflige Säure zusammen, so nimmt jedes derselben 1 Aeq. Sauerstoff daraus auf; es bilden sich 2 Aeq. Schwefelsäure, und es entweicht eine Verbindung, NO^3, die sogenannte salpetrige Säure, die bei gewöhnlicher Temperatur ein rothbraunes Gas darstellt.

Auf 63 Theile Salpetersäurehydrat bilden sich 98 Theile Schwefelsäurehydrat. Der Preis des letzteren müßte daher, wenn man vorläufig von den übrigen Kosten absehen wollte, gleich sein dem Preise von 32 Theilen Schwefel und 54 Theilen Salpetersäure. Die 2 ersten Aeq. Sauerstoff hätte man umsonst, das letzte aber käme sehr theuer zu stehen. Es giebt aber ein Mittel, um die zersetzte Salpetersäure wieder aus der weggehenden salpetrigen Säure herzustellen und somit eine und dieselbe Quantität Salpetersäure unendlich oft die schweflige Säure oxydiren zu lassen.

Bringen wir 3 Aeq. $NO^3 = N^3O^9$ mit einem Ueberschuß von Wasser zusammen, so zerfallen diese in ein Aeq. Salpetersäure, $NO,^5$ und 2 Aeq. einer neuen Verbindung des Stickstoffs, das Stickoxyd, $NO,^2$, das ein farbloses Gas darstellt. Diese Verbindung ist in vielen Beziehungen, nicht allein in der Zusammensetzung analog der schwefligen Säure, unterscheidet sich aber wesentlich von derselben dadurch, daß sie sich mit dem freien Sauerstoff augenblicklich zu NO^3 vereinigt. Diese giebt mit Wasser wieder Salpetersäure und Stickoxyd und so in Infinitum.

Man braucht also nur schweflige Säure, atmosphärischen Sauerstoff, Wasser, am besten in dampfförmigem Zustande, und eine kleine Menge von Salpetersäure, um beliebige Mengen von Schwefelsäure zu erzeugen. Vielleicht erscheint es zweckmäßig, hier das Schema der Zerlegung nochmals hintereinander aufzuführen.

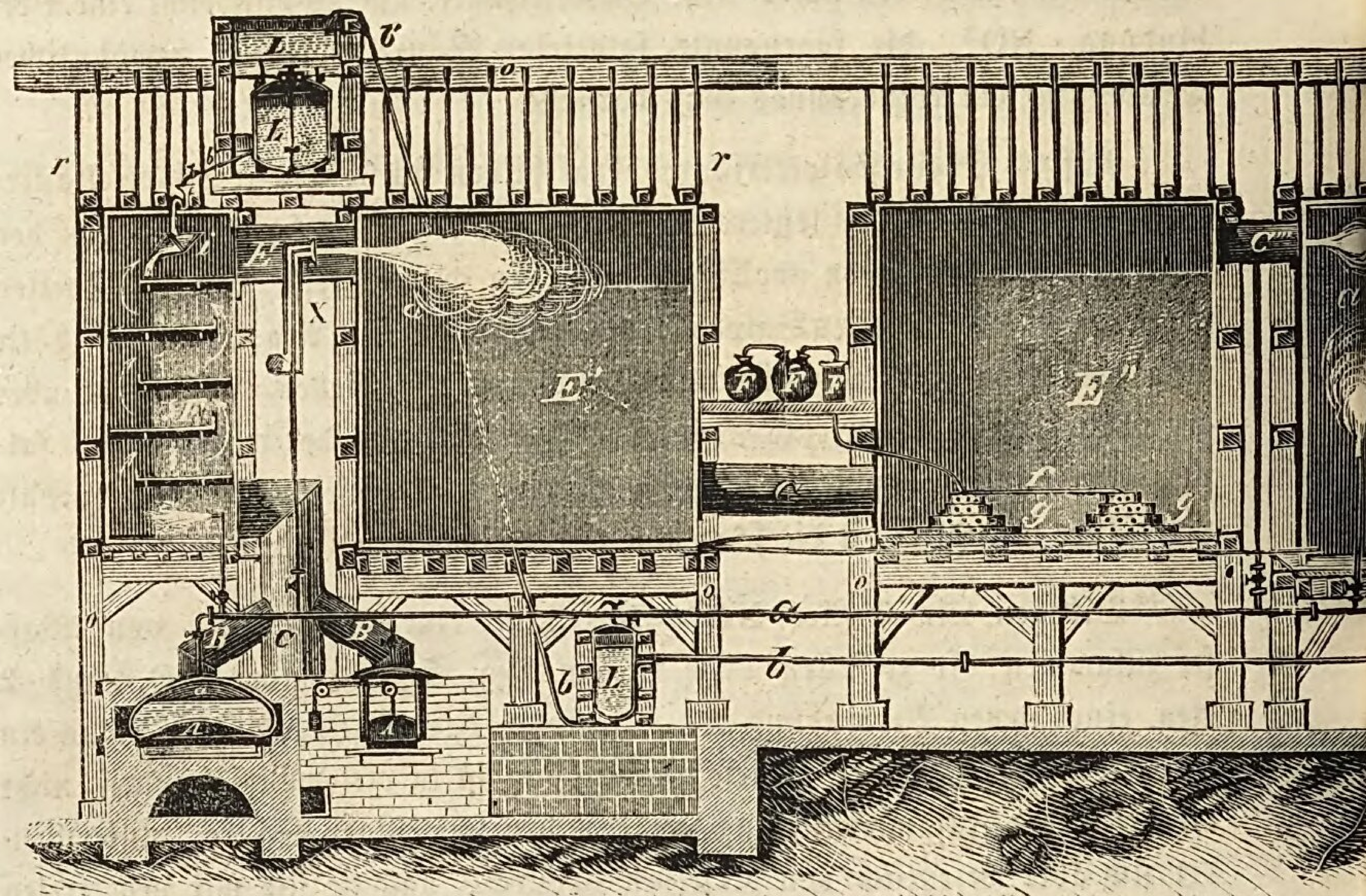
$$2SO^2 + NO^5 = 2SO^3 + NO^3$$
$$3NO^3 + HO = NO^5 + HO + 2NO^2$$
$$NO^2 + O = NO^3.$$

Früher glaubte man, daß die salpetrige Säure an die schweflige Säure ihren Sauerstoff direct abträte und so gewissermaßen nur die Rolle eines Handlangers beim Bau spiele, der die empfangene Last weitergiebt.

$$NO^3+SO^2\ SO^3+NO^2$$
$$NO^2+O=NO^3.$$

Man glaubte sie daher expreß vorher darstellen zu müssen und erzeugte sie, indem man Schwefel mit einem Ueberschuße von Salpeter mengte und anzündete, oder indem man organische Stoffe, Zucker, Melasse 2c. mit

Fig. 27 a.



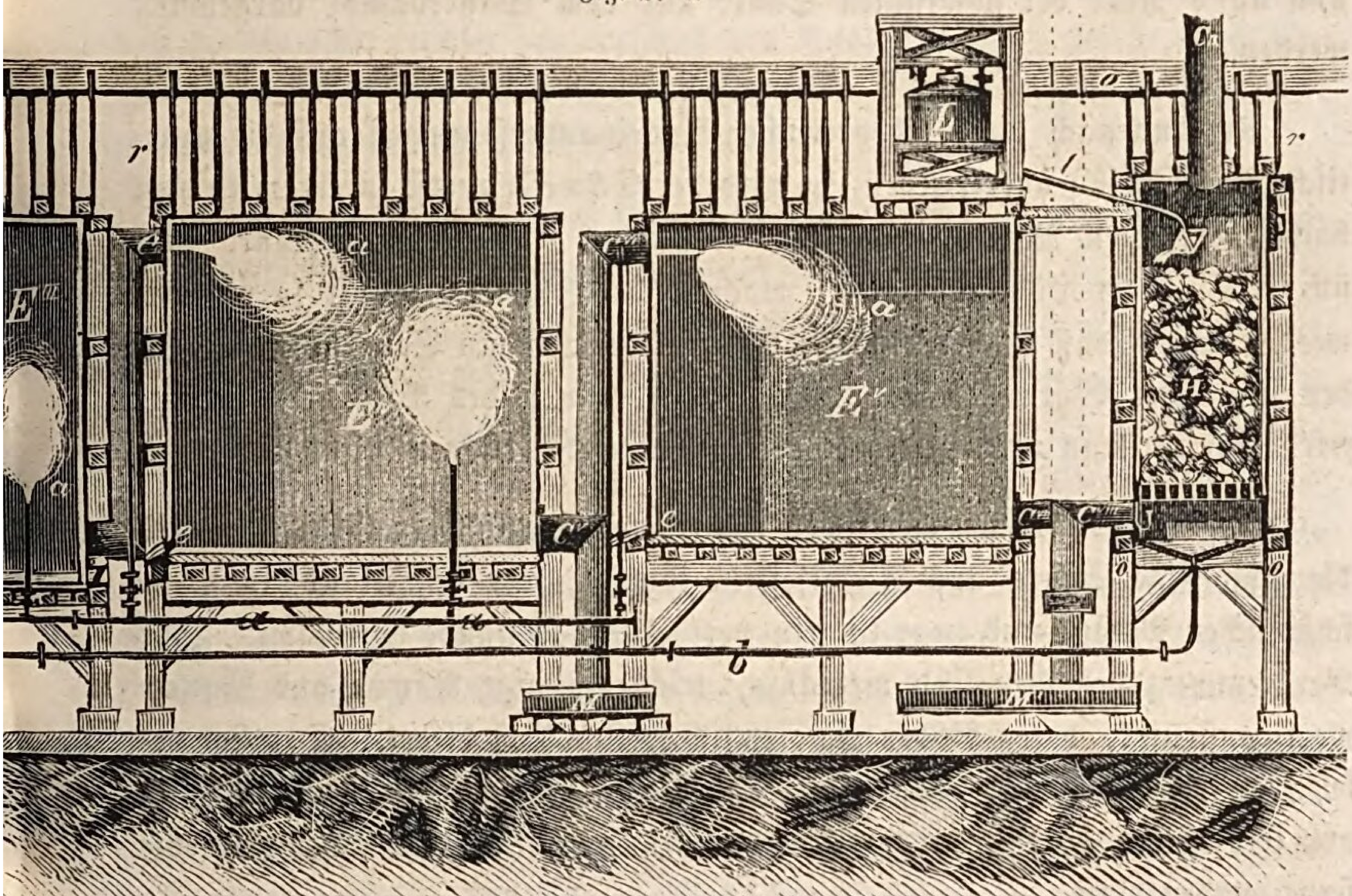
Schwefelsäu

AA' Schwefelofen mit Dampfkessel und Ableitungsröhren BB' für die schweflige Säure. E, E' — Ev Bleikamm
C, C' etc. Der Zug in letzteren wird durch die Dampfströme a hervorgebracht. Die nöthige Salpetersäure sta
aus Steinzeugmasse bestehen und durch ihre terrassenförmige Gestalt die Säure über eine große Oberfläche verthe
säure in einem dünnen gleichmäßigen Strahle in eine der Abtheilungen des Schaukelapparats i. Sobald die
Seite hin, wieder zu entleeren. Die somit gleichmäßig mit conc. Schwefelsäure benetzten Coaks absorbiren
weichen. Die allmälig durchsickernde Schwefelsäure fließt durch Rohr b nach dem allseitig verschlossenen Bleikesse
langt sie nach L''' und fällt endlich, durch den Schaukelapparat i vertheilt, in Kammer F, über die angebr
gebildete Schwefelsäure durch die Röhren c dorthin entleeren können. M, M' sind Bleikasten, in denen sich

Salpetersäure erwärmte. Dabei gewann man im letzteren Falle als Nebenproduct Oxalsäure, die sich jetzt in der Zuckerfabrikation zur Entfernung des Kalkes gut verwerthen ließe, ein Umstand, der vielleicht früher oder später zu obiger Methode zurückführt. Hiermit fing man indessen, wie sich aus obiger Auseinandersetzung ergiebt, die Sache in der Mitte und nicht

am rechten Ende an. Die Rolle, die man dem so unendlich nöthigen Wasserdampf zuschrieb, sollte sich allein auf die Zersetzung einer eigenthümlichen kristallinischen Verbindung beschränken, welche die conc. Schwefelsäure mit dem Stickoxyd bildet, und durch welche natürlich eine bedeutende Quantität desselben der Circulation entzogen wurde.

Fig. 27 b.



mern.

ehängt am Bleistreifen r, getragen von Holzgerüsten o und mit einander verbunden durch die weiten Bleiröhren
zwei Quellen. Einmal läuft sie durch Heberverbindung aus den Ballons F und F′ auf die Apparate g, die
andere Salpetersäurequelle bietet der mit Coaks gefüllte Apparat H. Aus dem Gefäß L läuft conc. Schwefel-
eilung voll, schlägt der Apparat um, und die andere füllt sich, um sich ihrerseits, indessen nach der andern
trige Säure und das Stickoxyd aus dem durch CVIII einströmenden Gasen, die endlich durch CIX ins Freie ent-
wird durch den Druck des durch r einströmenden Dampfes mittelst Röhre b′ nach L′′ gehoben. Von dort ge-
ide hinweg herab. Die Kammer E′′′ ist am größten und liegt am tiefsten, so daß alle Kammern die in ihnen
rissenen Schwefelsäuretröpfchen absetzen sollen.

Streng genommen muß ein und dieselbe Menge Salpetersäure unendlich lange zur Schwefelsäureerzeugung dienen. Leider ist die schweflige Säure bei ihrer Erzeugung aus Schwefel durch Verbrennen an der Luft nothwendigerweise mit einem Ueberschuß von Stickgas gemengt. Dieses

muß durch eine Esse entfernt werden, und führte früher immer bedeutende Quantitäten von Stickoxyd mit sich fort. Da bietet nun die eben erwähnte Absorptionsfähigkeit der conc. Schwefelsäure für Stickoxyd und andere Oxydationsstufen des Stickstoffes ein vortreffliches Abhülfsmittel. Läßt man die entweichenden Gase durch einen feinen Regen von Schwefelsäure passiren, so werden ihnen alle diese nutzbaren Verbindungen entzogen und können nun auf's Neue der schwefligen Säure und dem Wasserdampf dargeboten werden.

Um nun nach diesen theoretischen Auseinandersetzungen auf die practische Ausführung überzugehen, so wird der Schwefel zuerst in einem kleinen backofenförmigen Raume ohne Rost verbrannt. Die Eintragsthüre läßt sich in beliebiger Höhe feststellen, wodurch der Zutritt der Luft so regulirt werden kann, daß immer ein reichlicher Ueberschuß an Sauerstoff vorhanden ist. Die Wärme, die durch das Verbrennen des Schwefels erzeugt wird, benutzt man zum Heizen eines eingemauerten kleinen Dampfkessels.

In der großartigen chemischen Fabrik von Tennant in Glasgow wird die schweflige Säure aus Schwefelkies erzeugt, der in Irland in unerschöpflichen Massen und zwar in fein vertheiltem Zustande vorkommt. Zur Verbrennung desselben sind viereckige, trichterförmige Räume aus Mauerwerk construirt, deren Boden ein ziemlich weiter Rost bildet. Der Schwefelkies wird zuerst durch etwas Holz und Reisig entzündet und brennt dann von selbst fort, indem nur von Zeit zu Zeit das entstandene Eisenoxyd entfernt werden muß.

Das entstandene Gasgemenge wird durch ein weites bleiernes Rohr in die sogenannten Bleikammern geleitet, in denen die Umwandlung in Schwefelsäure vor sich geht. Dies sind colossale kastenförmige Räume, deren Wände aus Bleiplatten gebildet sind. Früher wurden dieselben nur durch Zusammenfalzen der Ränder vereinigt, weil jedes Loth durch die Säure zerfressen wurde. Jetzt vereinigt man sie durch einfaches Zusammenschmelzen mittelst einer Wasserstoffflamme, die durch einen kleinen Blasebalg mit Luft gespeist wird, wodurch eine sehr hohe Temperatur entsteht.

Das Blei wird von verdünnter Schwefelsäure nur so lange angegriffen, bis sich eine dünne, aber sehr fest anhaftende Schicht von schwefelsaurem Bleioxyd gebildet hat, die dann der Einwirkung selbst conc. und erwärmter Säure sehr hartnäckig Widerstand leistet.

Um bei Reparaturen leicht zugänglich zu sein, ist die ganze Kammer auf ein Balkengerüst aufgelegt, und von einem zweiten oberen getragen. Durch einen Ueberbau wird sie vor der Einwirkung der Witterung geschützt. Selten fertigt man sie aus einem Stück; gewöhnlich ist der Boden abgesondert, aber mit einem stark aufgebogenen Rande versehen. Die Absperrung der Gase wird durch die Schicht verdünnter Schwefelsäure bewirkt, die sich am Boden ansammelt. So ist es möglich, daß die Kammer leichter den verschiedenen Ausdehnungen, die sie durch Erwärmen und Erkalten erleidet, nachgeben kann. Die Dimensionen differiren je nach der Größe des Betriebes.

Gewöhnlich sind mehrere Kammern nahe an einander angebracht und durch weite Röhren mit einander verbunden, und zwar so, daß die Dämpfe gezwungen sind, den weitesten Weg durch die Kammern zu nehmen. Dies geschieht, indem die Röhren abwechselnd oben und unten einmünden. Die hinteren Kammern sind etwas höher gestellt, damit die sich darin ansammelnde Säure immer in die vorderen fließt, und so ihr Gehalt an salpetriger Säure ausgenutzt wird. Die frische Salpetersäure wird in die mittelste Kammer in einem dünnen Strahle eingeleitet, fällt auf ein terrassenförmiges Gefäß von Thon und bietet dadurch dem Gasstrome eine möglichst große Oberfläche dar. Die Dampfströme werden entweder direct in die Kammern geleitet oder sie münden in die weiten Leitungsröhren aus, und indem man nun dem durch eine sehr enge Oeffnung austretenden Dampfstrome dieselbe Richtung wie dem Gasstrome giebt, bewirkt er ein sehr kräftiges Fortschaffen des letztern durch die Kammern. Die Esse am Ende der Kammern, so hoch sie auch aus andern Gründen gemacht werden möge, kann allein bei dem langen Wege den so nöthigen Zug nicht bewirken.

Bevor jedoch die Gase entweichen, müssen sie nach der oben berührten neuesten Verbesserung durch eine hohe Säule von Coaks passiren, die durch eine eigenthümliche Vorrichtung immer gleichmäßig mit conc. Schwefelsäure befeuchtet gehalten werden. Nachdem hierdurch die letzten Spuren von Stickoxyd ꝛc. absorbirt sind, entweicht in den Schornstein fast reines Stickgas, höchstens mit Spuren von schwefliger Säure gemengt. Man regulirt den Zug am besten und genauesten, indem man eine etwas größere Bleischeibe in den Schornstein einschaltet, die mit so viel Löchern versehen ist, daß ihre Querschnitte zusammengenommen dem der Esse gleich sind. Sie können durch eine seitliche Thüre nach Bedürfniß mittelst Bleistopfen verschlossen werden.

Die auf dem Boden der Kammer sich ansammelnde, sogenannte Kammersäure hat bei einem richtigen Gange ein spec. Gewicht von 1,524. oder 50° B., enthält also nur 66% reines Schwefelsäurehydrat. Sie ist meistens verunreinigt mit Stickoxyd oder salpetriger Säure; seltener enthält sie einen Antheil schwefliger Säure. Schwefelsaures Bleioxyd ist in ihr in geringerer Menge aufgelöst, als in der conc. Säure. Sie wird in sehr großer Menge in allen den Fällen angewendet, wo die Nähe des Verwendungsortes es erlaubt. Die Kosten, welche der Transport des in ihr enthaltenen Wassers macht, müssen sich geringer herausstellen, als die des Abdampfens zur höchsten Concentration. Diese letzteren bestehen nicht allein in dem Preise des verwendeten Brennmaterials und der Handarbeit, sondern auch besonders in den Zinsen der zum letzten Abdampfen bis jetzt immer noch angewendeten Platingeräthschaften. Wenn man bedenkt, daß eine Fabrik, welche täglich 80 Ctr. conc. Schwefelsäure liefert, für diese Apparate wenigstens ein Kapital von 20,000 Thaler aufwenden muß, so begreift man leicht, daß dieser Gegenstand keine unbedeutende Rolle im Ausgabeetat spielt.

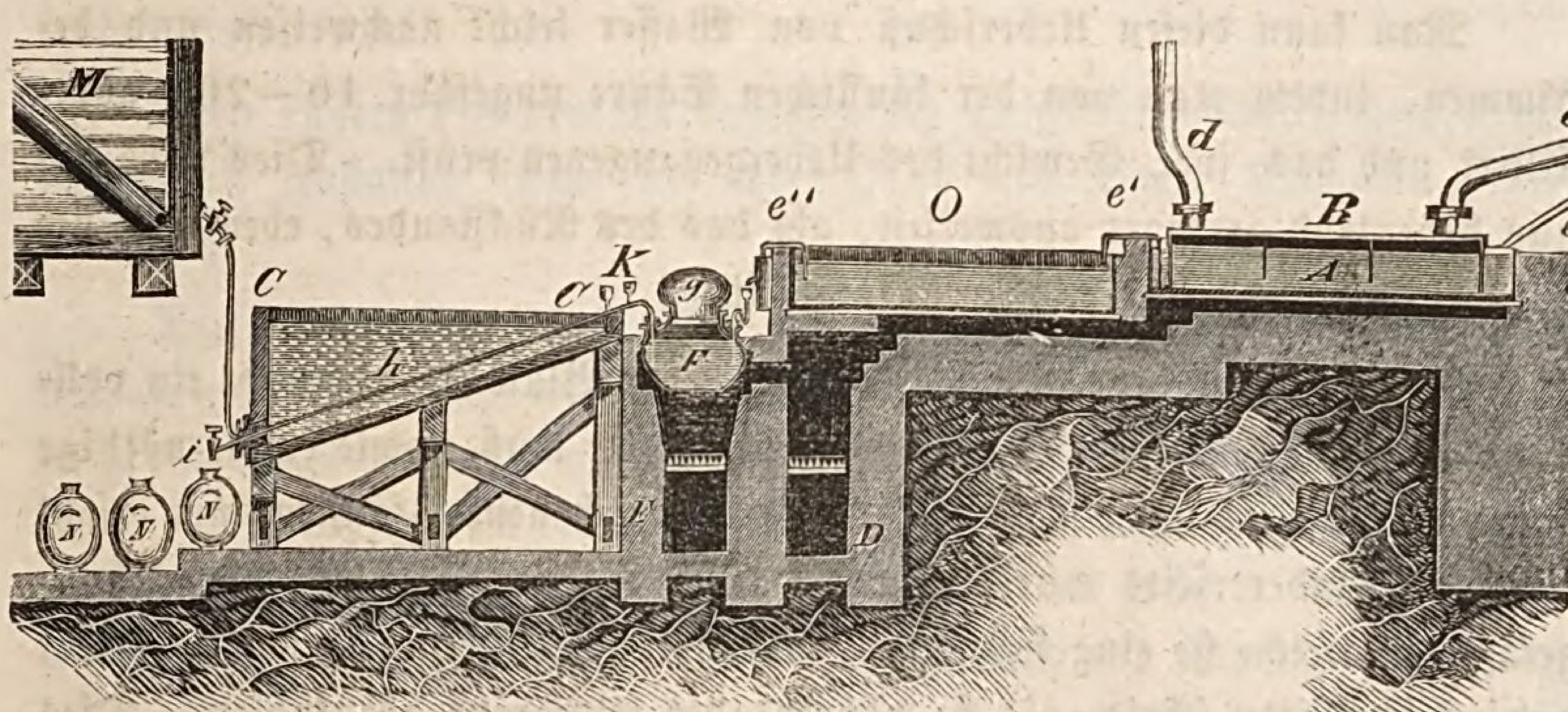
Die Kammersäure wird zuerst durch ein heberförmig gestaltetes Bleirohr in Bleipfannen abgelassen, die staffelförmig übereinander aufgestellt sind und durch die von der Platinblase abziehende Feuerung geheizt werden. Am Besten ist es, das Heberrohr mit dem längeren Schenkel in ein cylindrisches Bleigefäß tauchen zu lassen, welches an einer Kette hängt und mit einem langen Ausguß versehen ist, der über den Rand der Bleipfanne hinwegragt.

Läßt man dieses Gefäß herunter, so fängt der Heber an zu wirken, und durch den Ausguß fließt die Säure aus dem Zwischengefäß in die Bleipfanne. Zieht man es wieder in die Höhe, so wird natürlich der Zufluß unterbrochen, der Heber bleibt aber gefüllt.

Um die letzten Antheile von Salpetersäure zu entfernen, die besonders bei der Verwendung des Vitriolöls zum Auflösen von Indigo eine nicht unbeträchtliche Menge dieses werthvollen Farbstoffes zerstören würde, ist es in einigen Fabriken im Gebrauch, während des Abdampfens in der ersten Pfanne einen Strom schwefligsaures Gas über die Säure hinweg zu leiten. Dies geschieht am Einfachsten, indem man eine Art kastenförmigen Gasometer aus Bleiblech in die Pfanne stellt. Auf der einen Seite mündet ein Rohr ein, das vom Schwefelofen kommt; auf der andern führt ein zweites Rohr die Gase in die erste Bleikammer zurück. Durch einen starken Dampf-

strahl, der sich in diesem zweiten Rohr befindet, wird die nöthige Circulation hergestellt. (S. Fig. 27, Buchstabe x) Um die Berührung des Gases mit der Flüssigkeit zu verlängern, kann der Kasten durch Scheidewände ge-

Fig. 28.



Bleipfanne und Platinblase.

A Bleipfanne, in der die Kammersäure mit schwefliger Säure behandelt wird. B Bleikasten, unter dem die schweflige Säure circulirt; c Zuleitungsrohr, d Ableitungsrohr des Gases. e Rohr, welches die Säure zuführt. e' und e'' Heber, welche sie weiter schaffen. O Offene Bleipfanne. A und O ruhen auf Eisenplatten und werden von Feuerung D, aber auch von Feuerung E aus geheizt. F Platinblase, g Helm dazu, h Heber, welcher die conc. Säure abführt, durch Hahn i abgesperrt, durch Trichter k k' gefüllt und angelassen. C C Kühlgefäß, M Wasserreservoir. N N N Glasballons zur Aufnahme der Säure.

theilt sein. Nachdem die Schwefelsäure in diesen Pfannen bis auf 60° B. gebracht ist, wird es nöthig, sie in die Platinblase überzuziehen, weil die zum weiteren Verdampfen nöthige hohe Temperatur (bis zu 325° C.) den Schmelzpunkt des Blei's (316° C.) übersteigt.

Eine solche Platinblase ist mehr flach als hoch und mit einem kleinen Helme versehen, der so geformt ist, daß das darin condensirte Wasser nicht in die Säure zurückfließen kann, und der sich an eine bleierne Kühlröhre anschließt.

Die Blase wird gewöhnlich bis zu $^2/_3$ angefüllt, und nun unter mehrmaligem Nachfüllen so lange erhitzt, bis die übergehende Säure ein spec. Gewicht von 45° B. zeigt. Um reines Schwefelsäurehydrat zu erhalten, müßte man so lange fortfahren, bis das Destillat dieselbe Concentration erhielte, wie der Rückstand in der Blase, also ein spec. Gewicht von 1,845. zeigte. Der Inhalt der Blase würde dann bei 325° C. kochen. Sehr selten aber treibt man die Concentration so weit, indem die Blase beim Einfüllen einer neuen Portion Pfannensäure einem zu großen Temperaturwechsel ausgesetzt sein und durch die rasche Zusammenziehung Noth leiden würde.

Gewöhnlich verlangt der Handel nur eine Säure von 97—98% Schwefelsäurehydrat, und bezeichnet sie, freilich irrthümlicher Weise, mit dem Namen Säure von 66° B., ein spec. Gewicht, das eigentlich nur dem reinen Schwefelsäurehydrat zukommt.

Man kann diesen Ueberschuß von Wasser leicht nachweisen und bestimmen, indem man von der käuflichen Säure ungefähr 10—20% abdestillirt und das spec. Gewicht des Uebergegangenen prüft. Dies wird sich nun bedeutend geringer ausweisen, als das des Rückstandes, eben weil sich im Destillat das ganze Wasser ansammelt.

Die möglichst ökonomische Benutzung der Blase erlaubt nicht ein vollständiges Erkaltenlassen des Blaseninhaltes. Er muß, sowie er die nöthige Concentration erlangt hat, abgelassen und durch neue Pfannensäure ersetzt werden. Andererseits würde aber die heiße Säure die Glas- oder Thongefäße, in welche sie eingefüllt wird, unausbleiblich sprengen, und es bleibt daher kein Mittel übrig, als sie während des Abziehens abzukühlen. Dies geschieht, indem man den längeren Schenkel des Hebers, der zum Abziehen dient, durch einen Behälter mit kaltem Wasser gehen läßt. Um die abkühlende Oberfläche zu vergrößern, theilt er sich auch wohl in 3—4 einzelne Röhren, die sich unterhalb wieder zu einem weiteren Rohr vereinigen, das mit einem Hahn verschlossen werden kann. Der kurze Arm des Hebers ist in die Blase eingelöthet und reicht bis auf deren Boden hinab. An der Biegung desselben befinden sich zwei Trichter, die zum anfänglichen Füllen mit conc. Schwefelsäure dienen, dann aber durch eingeschliffene Stopfen verschlossen werden. Oeffnet man alsdann den unteren Hahn, so läuft die Säure in einem dünnen Strahle in die untergesetzten Gefäße ab, die gewöhnlich aus großen Glasballons bestehen, welche zum Schutz gegen Stöße so wie zur Erleichterung der Handhabung mit Weiden umflochten sind.

Ein Schwimmer von Platin oder Glas, mit langem Stiele, setzt den Arbeiter in den Stand, sich vor dem Ueberlaufen zu wahren, indem er den Hahn schließt, sobald der Stiel des Schwimmers zum Halse des Ballons heraus kommt. Die Ballons werden gewöhnlich durch einen Stöpsel von Thon oder Glas verschlossen, der dann mit fettem Kitt verstrichen wird.

Das sogenannte Nordhäuser Vitriolöl zeichnet sich durch seinen Gehalt an wasserfreier Schwefelsäure aus, wodurch es besonders zur Auflösung des Indigos tauglich wird. Ein Nebenvorzug desselben gerade zu dieser Verwendung beruht auf seinem absoluten Freisein von Salpetersäure und ähnlichen

oxydirenden Verbindungen. Dagegen bedingt die Art und Weise seiner Fabrikation eine beschränkte Production und zwar zu Preisen, welche die der englischen Schwefelsäure bei weitem übersteigen. Man erkennt es leicht an den weißen, erstickenden Dämpfen, die es ausstößt, wenn es an die feuchte Luft kommt.

Diese rühren von dem Verdampfen der wasserfreien Säure her, welche im reinen Zustande schon bei 35° C in eisartigen Kristallen übersublimirt.

Diese Dämpfe verbinden sich mit der Feuchtigkeit der Luft zu Schwefelsäurehydrat, das sich nun in unendlich feinen Tröpfchen ausscheidet. Es ist gewiß höchst merkwürdig, wie rasch der Siedepunkt der wasserfreien Säure durch das Zutreten von ein Atom Wasser, das doch schon bei 100° C. siedet auf 325° C. heraufgeschnellt wird. Die wasserfreie Säure, in Wasser geworfen, zischt wie glühendes Eisen. Sie liefert mit Schwefel blaue und grüne Gemenge und besonders mit organischen Substanzen mannigfache Verbindungen, die für den wissenschaftlichen Chemiker von vielem Interesse sind.

Die rauchende Säure ist zuerst von Basilius Valentinus durch die Destillation des Eisenvitriols dargestellt worden, und wenn wir heute in eine der sogenannten Vitriolbrennereien treten, so finden wir nicht allein dasselbe Material, sondern auch fast dieselben Apparate und Fabrikationsmethoden, wie zur Zeit des Entdeckers. Die Hauptproduction davon hat Böhmen; außerdem wird sie noch auf der Ockerhütte bei Goslar dargestellt; in kleiner Menge auch bei Warmbrunn im Riesengebirge.

Der Eisenvitriol besteht aus Eisenoxydul, Schwefelsäure und Kristallwasser. Dieses letztere muß zuerst durch sorgfältiges Trocknen ausgetrieben werden. Erhitzt man nun das rückständige, wasserfreie Salz zum Glühen, so geben 2 Aeq. desselben, Eisenoxyd, schweflige Säure und wasserfreie Schwefelsäure.

$$2(FeO + SO^3) = Fe^2O^3 + SO^2 + SO^3.$$

Die Hälfte der Schwefelsäure geht als schweflige Säure verloren, indem sie 1 Aeq. Sauerstoff an das Eisenoxydul abgibt, das damit Eisenoxyd bildet. Glücklicherweise nimmt das Eisenoxydul auch im gelösten Zustande diesen Sauerstoff nur zu leicht auf und geht in schwefelsaures Eisenoxyd über. Dieses Salz ist in der gelbbraunen Mutterlauge des Eisenvitriols überwiegend und man verwendet dieselbe daher fast ausschließlich zur Destillation, da sich der reine Eisenvitriol besser verwerthen läßt.

Das Eindampfen dieser Mutterlauge geschieht in Pfannen, die durch die abfallende Wärme der Destillationsöfen geheizt werden. Die herausgeschaufelte, pulverförmige Masse wird vor dem Einfüllen durch die strahlende Wärme der Oefen scharf ausgetrocknet und nun in thönerne Retorten von birnförmiger Gestalt eingefüllt, die in einer Art Galeerenofen*) liegen.

Man heizt Anfangs gelinde, bis alles Wasser ausgetrieben ist und die eigenthümlichen grauen Dämpfe der wasserfreien Schwefelsäure erscheinen, und legt alsdann die thönernen Vorlagen an, in welche man jetzt gewöhnliche englische Schwefelsäure hineinbringt, welche nun die wasserfreie Säure absorbirt. Früher nöthigte der hohe Preis der englischen Schwefelsäure Wasser vorzuschlagen, ein Verfahren, wobei man erst eine Menge wasserfreie Schwefelsäure opfern mußte, um Schwefelsäurehydrat daraus darzustellen. Die Retorten müssen gewöhnlich 2—3mal entleert und wieder beschickt werden, ehe die Säure in der Vorlage die verlangte Stärke erreicht hat und in die Versendungskrüge entleert werden kann. Der Rückstand von schön rothem Eisenoxyd, das sogenannte Caput mortuum oder Colcothar wird außer zum Poliren von Glas ꝛc. besonders zum Anstrich der Häuser verwendet. Die erhaltene Säure ist häufig arsenikhaltig und darf daher zu medizinischen Präparaten nicht verwendet werden. Eine neuere Methode der Darstellung beruht auf der Eigenschaft der sauren schwefelsauren Alkalisalze, beim Schmelzen zuerst das gebundene Wasser, dann die freie Schwefelsäure fahren zu lassen. Gewöhnlich wird saures schwefelsaures Natron aus thönernen Retorten destillirt; der Rückstand von neutralem Salze wird wieder mit conc. englischer Schwefelsäure behandelt und liefert so von Neuem saures Salz.

*) Diese Art Oefen, die später noch häufig zu erwähnen sind, bestehen aus nichts Anderem, als einem langen Kanale, gewöhnlich mit zwei Feuerungen an den Enden und einer Esse in der Mitte. An beiden Längsseiten des Kanales liegen die Retorten, deren Hälse nach außen stehen, wie die Ruder einer Galeere; daher der Name.

Viertes Kapitel.

Kochsalz, Salzsäure, Chlor, Glaubersalz und künstliche Soda.

Die Chemie versteht unter Salzen die Verbindungen von Basen, Metalloxyden, Alkaloiden 2c. mit Säuren.

Merkwürdiger Weise ist man gezwungen, die Verbindung, welche diesen Substanzen den allgemeinen Gattungsnamen gegeben hat, das Kochsalz, im Hinblick auf seine chemische Constitution von dieser großen Klasse auszuschließen.

Im trockenen Zustande ist das Kochsalz zusammengesetzt aus Chlor und Natrium, eine Verbindung analog dem Sauerstoff-Natrium oder dem Natron.

Die charakteristischen physikalischen Eigenschaften des Kochsalzes, seine neutrale Reaction auf Pflanzenfarben, seine Kristallisirbarkeit, seine Auflöslichkeit im Wasser, alles das hat indessen viele Chemiker bewogen, wenigstens in der wässrigen Auflösung desselben, eine Verbindung von Chlorwasserstoff oder Salzsäure mit Natron anzunehmen, indem das Chlornatrium dabei ein Atom Wasser in seine Zusammensetzung aufnehmen soll.

$$ClNa + HO = ClH + NaO.$$

Das Kochsalz findet wohl von allen derartigen chemischen Verbindungen die ausgedehnteste Anwendung.

Die Gesundheit der Menschen und Thiere ist abhängig von dem reichlichen Genusse des Salzes. Indem wir unsere Speisen damit würzen und schmackhaft machen, entsprechen wir nur unbewußt den Forderungen unseres Verdauungssystems. Die Salzsäure, welche in unserem Magen vorhanden ist und die Auflösung der Fleischfasern bewirkt, stammt vom Kochsalze, ebenso das Natron, welches in reichlicher Menge in der Galle sich findet.

Indem letztere zu dem Speisebrei hinzutritt, wird die Salzsäure wieder gesättigt, nachdem sie ihre Wirkung ausgeübt hat.

Ausgedehnt ist ferner die Anwendung des Salzes zum Conserviren von Fleisch und Gemüsen, endlich zum Düngen, wodurch man besonders salzreiche und schmackhafte Futterpflanzen erzielt. Das Kochsalz liefert durch seine Umwandelung in Soda den wichtigsten Bestandtheil der Seifen und des Glases, zwei der wirksamsten Waffen der Kultur.

Das Bleichen der Gewebe, die Zerstörung von Krankheitsstoffen durch Chlor sind bekannt genug.

Diesem ausgedehnten Verbrauch entspricht auch das massenhafte, unerschöpfliche Vorkommen des Chlornatriums auf der Erde. Nicht genug, daß das derbe kristallisirte Steinsalz eine bestimmte Formation in der geologischen Bildung unseres Erdkörpers ausmacht und theils bergmännisch in fester Form, theils durch reiche Salzquellen auf die Oberfläche der Erde gefördert wird, so enthält auch das Meer, das über $^3/_5$ unserer Erde bedeckt, über 2% Kochsalz aufgelöst.

Das Steinsalz kommt wie gesagt, als besondere Gebirgsmasse vor. In Spanien soll sich ein Berg befinden, der fast ganz aus Steinsalz besteht. Ebenso geht in England bei Northwich in Cheshire das Steinsalz fast zu Tage aus. Gewöhnlich aber findet es sich in beträchtlicher Tiefe, in Mulden oder Senkungen des Flözgebirges abgelagert, was auf seine Entstehung aus Meerwasser hindeutet, begleitet von Gyps und wasserfreiem schwefelsaurem Kalke oder Anhydrit und häufig gemengt mit einem blaugrauen Thone.

So ist z. B. sein Vorkommen bei Wielizka in Galizien, im österreichischen und bairischem Salzkammergute. Ebenso mag unter ganz Thüringen und der Provinz Sachsen eine Reihenfolge solcher Steinsalzlager sich hinziehen. Wenigstens deutet das dortige gedrängte Vorkommen der Salzquellen darauf hin.*)

Das Steinsalz ist selten ganz weiß, häufig grau, auch röthlich gefärbt.

Merkwürdig ist das sogenannte Knistersalz, das beim Auflösen in Wasser unter eigenthümlichem Knistern zerspringt, indem es dabei ziemlich große Mengen eines sehr reinen Wasserstoffgases entwickelt.

Wahrscheinlich ist dieses in sehr comprimirten Zustande in Höhlungen der Masse eingeschlossen, deren Wände beim allmäligen Auflösen endlich dem Druck des Gases nicht mehr widerstehen können. Von diesem Knistersalze

*) Bei Staßfurth angestellte Bohrungen haben eine Mächtigkeit der dortigen Steinsalzablagerungen nachgewiesen, die weit über 1000 Fuß beträgt. Sehr interessant ist das Factum, daß die oberen Lagen aus fast reinem, festem Chlormagnesium bestehen.

rühren die Explosionen her, die, obwohl selten, in den Wielizkaer Gruben vorgekommen sind. Häufig finden sich deutlich ausgebildete Würfel; dies sind indeß nicht Kristalle, sondern bloße Spaltungsgestalten.

Die reineren Varietäten werden bergmännisch gewonnen und unmittelbar verkauft. Die Stücke werden häufig dem Viehe zum Lecken vorgelegt, indem dies die bequemste Form der Benutzung ist. Wegen eines kleinen Gehaltes an zerfließlichen Salzen zeigen sie sich bei einer mit Wasserdämpfen beladenen Atmosphäre feucht und können daher als rohe Wetteranzeiger benutzt werden.

Die unreinen, mit Thon, Gyps &c. vermischten Stücke werden zu einer möglichst concentrirten Lauge aufgelöst und diese nach dem Klären und Abziehen ganz so behandelt, wie es unten bei den Salzsoolen angegeben ist. Meistentheils erfolgt diese Auflösung in der Grube selbst, indem man süßes Wasser unmittelbar auf die Stellen leitet, wo sich Steinsalz vorfindet. Man treibt an einer solchen Stelle einen sich nach hinten etwas senkenden Stollen, den man noch mit einigen Seitengängen versieht. In der Sohle wird ein kleiner Schacht auf eine tiefer liegende Gallerie abgetäuft; derselbe wird wohl verspündet und mit einer Art Ablaßhahn versehen. Man läßt nun diese Gänge mit Quellwasser volllaufen, welches sich nun besonders durch Auflösen von der Decke aus mit Kochsalz sättigt. Der beigemengte Thon setzt sich zu Boden und die gesättigte Soole wird dann durch den Hahn abgelassen. Durch öftere Wiederholung dieses Vorganges breiten sich diese Salzteiche nach den Seiten aus und rücken auch allmälig nach oben.

Im Salzberge bei Ischl hat man 12 solche Salzteiche übereinander.

Die Soolquellen strömen entweder zu Tage aus, oder sie müssen durch Pumpwerke gehoben werden. Bei den meisten hat man künstliche Bohrlöcher angelegt. Sie entstehen unzweifelhaft, indem süße Tagewässer mit Steinsalz in Berührung kommen. Hiernach müßte man glauben, daß sie immer mit Salz gesättigt sein müßten.*) Durch das Zudringen der sogenannten wilden Wasser indessen, d. h. süßer Wässer, die sich in den obern Theilen des Schachtes ergießen, wird die Soole oft sehr weit unter obigen Punkt verdünnt. Man bestimmt dann entweder das spec. Gewicht, oder man gibt auch die Pfunde Salz an, die aus 100 ℔ Soole gewonnen werden können. Auch spricht man von Löthigkeit der Soole.

---

*) Um hier gleich die Löslichkeitsverhältnisse zu erwähnen, so löst sich das Kochsalz in kochendem Wasser fast gleichviel als im kalten auf, nämlich auf 100 Theile Wasser 27 bis 28 Theile Kochsalz.

Neben Kochsalz enthalten die Soolen noch wechselnde Mengen von Gyps, saurem kohlensauren Kalk und Eisenoxydul, endlich Chlormagnesium und schwefelsaure Magnesia, schwefelsaures Natron, Chlorkalium und häufig kleine Mengen von Jod und Brom, außerdem noch erdharzartige organische Stoffe.

Die reicheren Soolen werden sogleich über freiem Feuer verdampft. Wo indessen der Preis des Brennmaterials zu hoch ist, da benutzt man zur Concentration der schwächern Soolen die Verdunstung des Wassers auf großen Oberflächen an freier Luft. Bei welchen Soolen dieses Verfahren mit Vortheil anzuwenden ist, ergiebt sich aus folgender Betrachtung: Auf der einen Seite steht der Werth des Brennmaterials, das zum Verdampfen des Wassers nöthig ist. Auf der andern Seite haben wir beim Gradiren die Anlagekosten, den Grund und Boden, die Materialien der Gradirwerke in Rechnung zu ziehen. Außerdem die Kosten für das mehrmalige Heben der Soole und den Verlust an Salz, den man durch das Fortwehen der Sooltheilchen erleidet.

Die gebräuchlichste Gradirmethode ist die Dornengradirung. Hierbei sind lange hölzerne Gerüste gewöhnlich auf einer Anhöhe, dem Winde möglichst ausgesetzt, errichtet. Man beachtet hierbei vor allem die Richtung, aus welcher während der meisten Tage im Jahre an dem betreffenden Orte der Wind weht, und stellt die Gradirgebäude wo möglich senkrecht auf dieselbe. Das Holzwerk der Gebäude dauert sehr lange, da die Imprägnation mit Salz sehr conservirend wirkt.

In diese Gerüste werden Bündel von Schwarzdorn dicht eingepackt. Legt man bloß eine Reihe derselben ein und läßt nur auf der einen oder der andern Seite die Soole herunterfallen, so nennt man dies die Flächengradirung. Befinden sich aber zwei solche Dornenwände hintereinander und fällt die Soole auf beiden Seiten derselben, also in 4 Schichten herunter, so ist dies die kubische Gradirung.

Oben auf dem Gradirwerke stehen größere Kasten, in welche die Soole durch ein Pumpwerk gehoben wird. Von hier aus werden lange Rinnen gespeist, die mit hölzernen Hähnen versehen sind, durch welche es möglich ist, den Ausfluß zu reguliren. Hieraus fließt die Soole in dünnen Strahlen in schmale und flache hölzerne Tröpfelrinnen, die an der Seite von Fuß zu Fuß kleine Auskerbungen haben. Durch eigenthümliche Vorrichtungen kann man die Soole nach Belieben auf die eine oder die andere Seite der Dornenwände leiten. Man wird es immer so einzurichten suchen, daß der Wind die Soole in die Dornen hinein, nicht von ihnen abtreibt.

Auf diese Art fällt die Soole, in unendlich viele Tröpfchen zertheilt, herab und concentrirt sich bei öfterer Wiederholung dieser Operation bis auf eine Stärke von 14 bis 20 ℔ Kochsalz in hundert Pfund Soole.

Man rechnet, daß beim einmaligen Herabfallen der Soole ungefähr 3 ℔ Wasser pro Quadratfuß Gradirfläche verdampfen.

Oben auf den Gradirhäusern befinden sich meistens noch Barometer, Thermometer, Psychrometer zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts der Luft, Anemometer zur Bestimmung der Windstärke und ein Regenmesser. Eine interessante Vorrichtung bestimmt die Stärke der Verdunstung. Sie besteht aus einem weiten Gefäße, dessen Oberfläche ganz frei und das mit Soole gefüllt ist. Durch zwei Röhren communicirt dasselbe mit einem allerseits verschlossenen Kasten. Auf der Flüssigkeit in letzteren schwimmt eine Art Aräometer, mit dessen Spindel ein Zeiger in Verbindung gebracht ist, der auf einem getheilten Halbkreise spielt. Wird die Soole im unbedeckten Kasten durch Verdunstung concentrirter, so steigt das Aräometer und der Zeiger bewegt sich nach der Seite der Concentration.

Fällt dagegen wieder Regen hinein, so sinkt er und der Zeiger geht auf die andere Seite zurück.

Endlich befindet sich an dem Hauptrohre, aus dem die Soole ausströmt, eine seitliche genau getheilte Glasröhre angebracht, welche den Stand der Soole in der Abflußrinne und dadurch, da die Geschwindigkeit des Abfließens nahezu dieselbe bleibt, die Menge der in der Minute abfließenden angibt.

Die Soole setzt auf ihrem Wege, indem die freie Kohlensäure abdunstet, alle etwa aufgelösten kohlensauren Salze von Kalk und Eisenoxydul ab. Außerdem wird auf den Gradirwänden durch das Verdunsten des Wassers eine große Menge Gyps ausgeschieden, indem die meisten Soolen damit gesättigt sind.

Kleine Mengen von Salz werden natürlich auch mit eingeschlossen.

Nach längerm Gebrauch der Gradirhäuser nimmt dieser sogenannte Dornenstein so überhand, daß er dem Durchströmen des Windes Hindernisse in den Weg legt. Man nimmt dann die Dornen heraus, klopft sie ab und verwendet sie zu Einfriedigungen, zu Faschinen für Uferbauten ꝛc., wozu sie sich vortrefflich eignen, da sie mit Salz imprägnirt und dadurch fast unzerstörbar geworden sind. Der Dornenstein wird als Düngemittel verkauft.

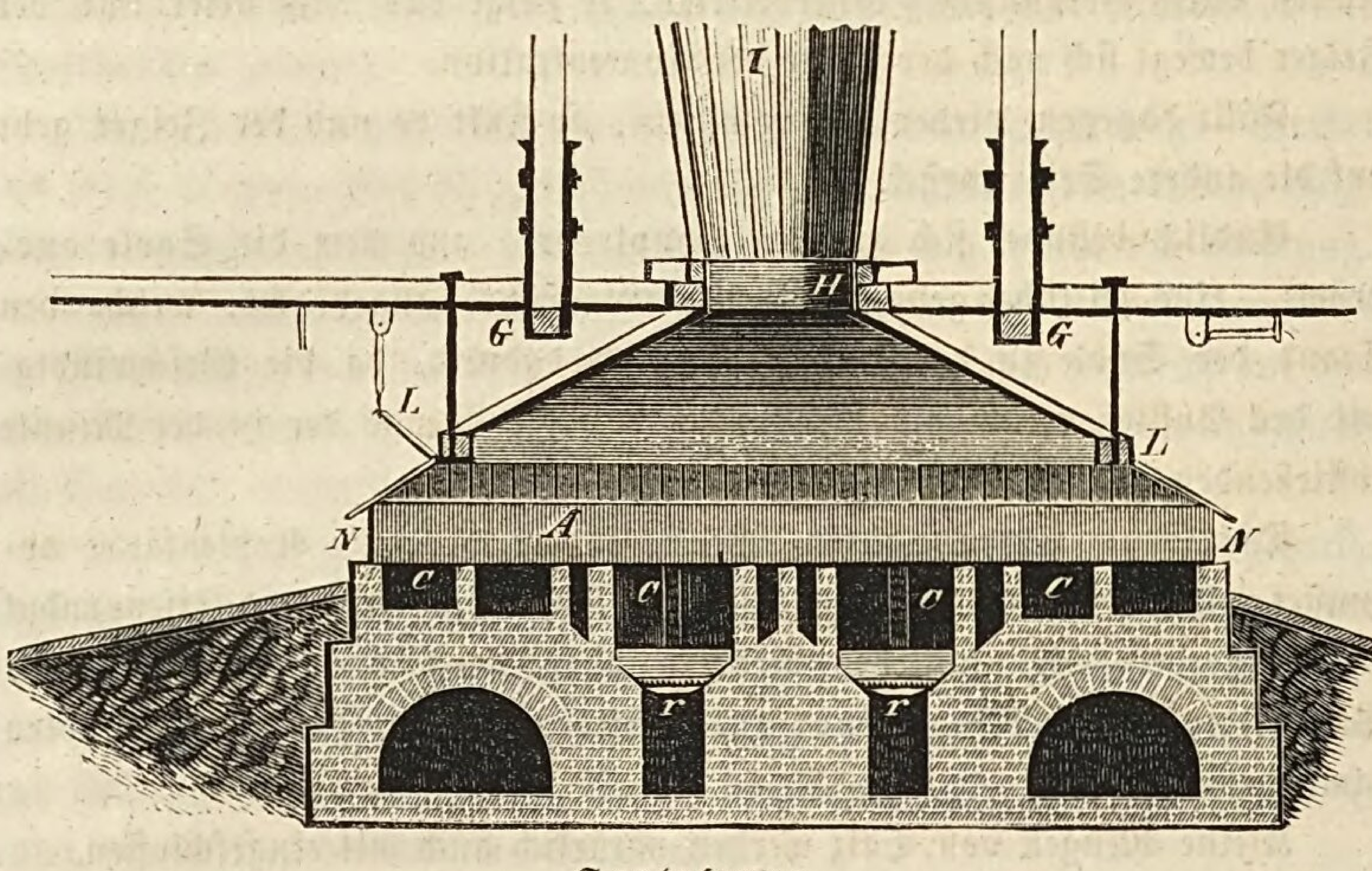
Die gradirte Soole sammelt sich unten auf etwas schief geneigten Plateformen und läuft von dort in große Behälter, aus denen sie nach dem Bedürfniß zum Eindampfen entnommen wird.

Die Gradirung auf Tafeln, die abwechselnd nach verschiedenen Seiten geneigt, in die Gradirwände eingesetzt werden oder auf Stricken, die dicht nebeneinander von oben nach unten ausgespannt werden, ist nur an sehr vereinzelten Salinen gebräuchlich. In sehr kalten Gegenden benutzt man auch wohl die Eigenschaft der Soole, beim Gefrieren in fast salzfreies Eis und in eine stärkere Soole zu zerfallen, zur Concentration. Die Soole wird dazu in flachen, offenen Behältern aufbewahrt und das sich bildende Eis von Zeit zu Zeit entfernt.

Auf diese Art sollen z. B. die Salinen bei Irkutsk in Sibirien ihre Soole concentriren.

Aus den erwähnten großen Sammelbehältern, die meistens einen halbjährlichen Betrieb versehen können, gelangt die Soole zur Verdampfung durch Feuer. Zu diesem Ende bringt man sie in große flache, aus Eisen-

Fig. 29.



Soolpfanne.

A Pfanne, NN Stand der Soole. CC Feuerungen- und Zugkanäle. H Brodemfang. I Dampfschlot. L Klappen, welche auf dem Rande der Pfanne ruhen oder aufgeschlagen werden können.

blech zusammen genietete, quadratische Pfannen, die am besten durch eine Circulationsfeuerung geheizt werden. Die abziehenden warmen Gase werden noch, bevor sie in den Schornstein entweichen, zum Heizen der Trockenkammern benutzt.

Die Pfannen sind zur raschen Entfernung des Dampfes mit einem hölzernen, trichterförmigen Brodemfange versehen, der oberhalb des Daches ausmündet und mächtige Dampfmassen in die Lüfte sendet. Der untere

Theil dieses Brodemfanges besteht aus hölzernen Klappen, die entweder auf dem Rande der Pfannen aufruhen oder aufgeklappt werden und so einen Raum für das herausgenommene Salz bilden.

In der Praxis unterscheidet man zwei Perioden bei dieser Verdampfung.

a. Das Stören bringt die Soole auf den Zustand der vollständigen Sättigung. Hierbei füllt man die Pfanne voll Soole und erhitzt rasch zum Kochen. Durch das beginnende Aufwallen steigt meistens ein bräunlicher Schaum, aus erdharzartigen Theilen bestehend, in die Höhe und wird mit Schaumlöffeln entfernt, wodurch zugleich die Soole geklärt wird. Um dies zu befördern, wird auch wohl eine kleine Menge Eiweis, gewöhnlich geschlagenes Blut hinzugegeben, das beim Erhitzen netzartig coagulirt und die suspendirten, trübenden Theilchen einschließt. Hierauf folgt rationeller Weise eine Zugabe von Kalkmilch. Wie wir oben erwähnt haben, enthält die Soole außer Kochsalz noch schwefelsaures Natron und Chlormagnesium.*)

Dieses letztere ertheilt dem Salze einen widerlichen bittern Geschmack. Durch obigen Zusatz schlägt sich Magnesia nieder, und es bildet sich Chlorcalcium, das andererseits mit dem schwefelsauren Natron, wieder Kochsalz und Gyps liefert.

Diese letzte Verbindung ist immer im Ueberschuß in der Soole vorhanden und fällt daher beim weitern Verdampfen, wahrscheinlich als ein Doppelsalz von Gyps mit schwefelsaurem Natron als sogenannter Pfannenstein oder Schlotter nieder.

Ist es thunlich, so entfernt man denselben unmittelbar nach dem Niederfallen; gewöhnlich aber ist man genöthigt, nach längerem Arbeiten die festen Krusten desselben durch Ausmeißeln zu beseitigen. Er reißt häufig viel Kochsalz mit nieder.

Je nach der Concentration der angewandten Soole wird es nöthig sein, das verdampfte Volumen Wasser durch öfteres Nachfließenlassen von frischer Soole zu ersetzen. Bei solch reicher Soole, wie sie z. B. Halle besitzt, ist dies natürlich nicht nöthig.

b. Ist endlich die Concentration bis auf den Punkt gestiegen, daß auf 100 Theile Wasser 27 Theile Salz kommen, so beginnt die zweite Operation, das Soggen, d. h. die Kristallisation des Kochsalzes durch weiteres

---

*) Wenigstens bei niedrigen Temperaturen. Bei höherer möchte sich das Verhältniß umkehren und schwefelsaures Magnesia und Chlornatrium entstehen. Dann bildet sich durch Kalkzusatz direct Gyps und Magnesia, die beide niederfallen.

Verdampfen. Hierbei ist es von Wichtigkeit, die Größe und die Form der Kristalle zu berücksichtigen. Das wasserfreie Chlornatrium, wie man es durch Abdampfen erhält, kristallisirt in den Formen des regulären Systems und stellt sich meistens als vierseitige Trichter dar, die als Zusammenhäufungsgestalten von kleinen Würfeln betrachtet werden müssen. Diese schließen zwischen ihren Lamellen Mutterlauge ein, die beim raschen Erhitzen des Salzes verdampft und das Decrepitiren oder Verknistern des Salzes bewirkt.

Je größer die Kristalle sind, desto mehr Mutterlauge ist eingeschlossen. Da diese nun meistens das scharfsalzige Chlormagnesium enthält, so begreift sich leicht, warum das grobkörnige Salz nach dem Ausdruck der Hausfrauen besser salzt als das feinkörnige. Uebrigens herrschen je nach den provinziellen Eigenthümlichkeiten sonderbare Verschiedenheiten in dem Geschmacke des Publikums.

In Frankreich verkauft man fast ausschließlich grobkörniges, unreines, feuchtes Salz, das für den Tafelgebrauch erst durch Glühen entwässert, weiß gebrannt und fein gepulvert werden muß. Ebenso in den westlichen Gegenden Deutschlands. Dagegen ist in dem salzreichen Thüringen fast nur ein feinkörniges, fast chemisch reines Salz im Gebrauche. Dieses feine Korn wird erreicht, durch rascheres Abdampfen unter beständigem Rühren und Stören der Kristallisation.

Das sogenannte Sonntagssalz, aus den während des Sonntags ruhenden Laugen angeschossen, zeigt sich im ausgezeichneten Grade grobkörnig. Unbedeutender ist die Verschiedenheit, ob man in der Störpfanne gleich fortfährt zu soggen oder in eine besondere Soggepfanne abläßt.

In den altberühmten Hallischen Salinen sind in einem und demselben Raume eine Stör- und drei Soggepfannen vereinigt. Während das Stören wegen der starken Concentration der Soole nur 5 Stunden beansprucht, bedarf man zur Vollendung des Soggens 15 Stunden, und so ist es denn möglich, mit dieser einzigen Störpfanne drei Soggepfannen zu speisen.

Zweckmäßig ist es, die Störpfanne höher zu legen, so daß man leicht und vollständig die Soole daraus ablassen kann.

Wie dem auch sei, so unterscheidet sich das Soggen vom Stören durch eine bedeutende Mäßigung des Feuers.

In Dürrenberg, (Prov. Sachsen), wo man mit erdiger Braunkohle feuert, fällt viel von den Kohlentheilen unverbrannt in die Asche, die daher noch lange Zeit eine unterdrückte Verbrennung zeigt. Hier werden daher einige Soggenpfannen mit dieser glühenden Asche betrieben, die in gemauerte Räume unterhalb derselben gebracht und von Zeit zu Zeit

mit eisernen Stangen aufgerührt wird, um neue Kohlentheilchen dem Einflusse der Luft blos zu legen.

Das sich allmälig abscheidende Salz wird zusammengekrückt und mit Schaufeln hinter die aufgeklappten untern Tafeln des Brodemfangs geworfen.

Die Mutterlauge sondert sich unter dem Einflusse der gelinden Wärme und der Feuchtigkeit ziemlich vollständig ab, und es bleibt zuletzt nur noch übrig, die Kristalle auf Hürden oder auf der gußeisernen Sohle des Trockensaales auszubreiten und dann in Fässer einzuschlagen.

Auf den westphälischen Salinen wird fast nur grobkörniges Salz erzeugt, das besonders zum Pöckeln des Fleisches nach dortiger Manier, nämlich in offenen Mulden vorzuziehen ist, da feinkörniges Salz hierbei zu rasch zerfließen würde. In der bekannten Saline zu Rehme werden Pfannen von 50′ Länge, 20′ Breite und 4′ Tiefe angewendet. Bei Anwendung von 16procentiger Soole dauert das Stören c. 64 Stunden, während die Kristallisation, wegen der sehr langsamen Verdampfung bei 55° bis 60° C. im ganzen 9¾ Tage in Anspruch nimmt.

Die erste Portion Kristalle wird nach 5, die zweite nach 2½, die dritte nach 1¼, die vierte nach 1 Tage gezogen.

Die gebildeten Kristalle sind sehr schön weiß, gut ausgebildet und von scharf salzigem Geschmacke. Man läßt sie in Körben abtropfen und trocknen.

Die zuletzt übrig bleibende Mutterlauge wurde früher meist weggelassen oder höchstens zu Bädern 2c. verbraucht. Jetzt wird daraus Chlorkalium, Glaubersalz, schwefelsaure Magnesia, bei einzelnen Salinen auch Brom gewonnen.

Das Chlorkalium ist in der Hitze noch einmal so leicht löslich als das Kochsalz, während bei 0° die Differenz sehr unbedeutend ist. Dampfe ich daher eine bei 0° mit beiden Salzen gesättigte Lauge in der Wärme ein, so scheidet sich in der Hitze nur Kochsalz aus, beim Erkalten wird aber Chlorkalium, gemengt mit wenig Kochsalz, niederfallen. Das Chlorkalium ist durch seine Basis sehr wichtig für die Salpeter- und Alaunfabrikation.

Die Mutterlauge enthält ferner schwefelsaure Magnesia und Chlornatrium aufgelöst. Beim Erkalten auf + 4° C. setzen sich diese beiden Salze um in schwefelsaures Natron und Chlormagnesium, und das erstere Salz kristallisirt ziemlich vollständig heraus. Man muß die Mutterlauge zu diesem Ende in großen bedeckten Behältern während des Sommers aufbewahren, der Deckel selbst mit einem niedrigen Rande versehen ist. Der so gebildete kastenförmige Raum ist durch Scheidewände derartig getheilt, daß

die an einem Ende aufgepumpte Lauge bis zum andern Ende einen langen Weg zurücklegen muß, ehe sie abläuft. Das hierbei abgesetzte Glaubersalz wird gesammelt, und das in der Lauge rückständige Chlormagnesium kann alsdann durch Kalkmilch niedergeschlagen werden. Die erhaltene Magnesia liefert beim Auflösen in mäßig verdünnter Schwefelsäure Bittersalz.

Aus der Mutterlauge der Kreuznacher und einiger anderer Salinen wird noch das darin enthaltene Brom durch Zufügen einer kleinen Menge Braunstein und Schwefelsäure und langsamer Destillation gewonnen, ein Verfahren, das sich auf der leichteren Zersetzbarkeit des Brommagnesiums gegenüber dem Chlormagnesium basirt.

Mit dieser Verarbeitung der Mutterlauge ist gewöhnlich die des Pfannensteins verbunden. Man entzieht ihm durch kaltes Wasser das anhängende Kochsalz und laugt ihn alsdann mit Wasser von 33° C. aus, worin das Glaubersalz am leichtesten löslich ist, so daß fast reiner Gyps zurückbleibt. Derselbe läßt sich immer noch als Dünger verwerthen.

Darstellung des Salzes aus Meerwasser. In den südlichen Küstenländern Europas ist durch die meist trocknen und heißen Sommer eine Industrie ermöglicht worden, die für Spanien und Frankreich eine Quelle des Wohlstandes geworden ist.

Das Meer kann als das allgemeine Salzreservoir der Erde betrachtet werden.

Wenn man bedenkt, daß es bis zu 2,5% Kochsalz enthält, so begreift man leicht, welche colossalen Massen, in Zahlen fast nicht ausdrückbar, darin aufgelöst sind.

Diese Soole ist aber doch zu schwach, um ein Eindampfen durch künstliche Wärme zu erlauben.

Wenn auf 25 ℔ Salz 1000 ℔ Wasser zu verdampfen sind, so braucht man dazu 650,000 Wärmeeinheiten.

1 ℔ Steinkohle giebt höchstens 7500 Calorie's; wir bedürfen also mindestens 86 ℔ Steinkohle dazu, und in der Praxis stellt sich das Verhältniß noch ungünstiger. Es ist also hier nur die Gradirungsmethode, d. h. die Verdunstung an freier Luft indicirt.

Man wendet als die einfachste die Flächengradirung an und treibt die Verdunstung bis zum völligen Absetzen alles Salzes. Alles Heben der Wassermassen wird bei den gewöhnlichen Anlagen durch die Abwechselung der Fluth und Ebbe erspart. Man sucht zuerst an der Küste eine Stelle aus, die hin-

länglich tief liegt und am besten einen dichten thonigen Untergrund hat, und schützt sie durch Dämme vor dem Eindringen der Meeresfluth.

In diesem geschützten Raume werden nun verschiedene flache Gruben ausgehoben und, wo es nöthig, mit fettem Thone ausgeschlagen. Durch Schleusen werden sie nach Bedürfniß mannigfach mit einander verbunden.

Zuerst hat man ein großes Reservoir, das im Niveau zwar über allen übrigen Bassins, aber unter dem höchsten Fluthstande des Meeres steht.

Zu dieser Zeit kann es durch Oeffnen einer Schleuse mit Seewasser gefüllt werden. Dieses klärt sich in demselben und wird nun durch einen langen Graben, der um die ganze Anlage herum geht, in mehrere weite Behälter laufen gelassen, in denen die Verdunstung beginnt. Der im Meerwasser in reichlicher Menge enthaltene Gyps setzt sich dabei in hahnkammförmigen Gestalten ab. Von dort tritt die immer mehr eingeengte Soole in immer kleinere Behälter, bis sie endlich in den letzten Salz in festen Krusten abzusetzen anfängt. Die Mutterlauge wird dann entweder ins Meer beim Eintritt der Ebbe ablaufen gelassen oder nach Balard's Vorschlage analog der Mutterlauge der Salinen auf Kalisalze und schwefelsaures Natron weiter verarbeitet.*)

Diese Eintheilung in verschiedene, immer kleiner werdende Bassins ist deswegen nothwendig, damit die Arbeit ohne wesentliche Unterbrechung fortgeht, und damit man die ersten reineren Salzabsätze von den folgenden immer unreineren trennen kann. Sehr wesentlich ist eine genaue Nivellirung, welche die angegebene Circulation des Meerwassers gestattet.

Man fängt gewöhnlich mit dem März an zu arbeiten und sammelt das abgesetzte Salz im September, wo man es in Haufen setzt und mit Stroh

*) Da in den südlichen Gegenden Spaniens rc. keine so strenge Winterkälte herrscht, um das Glaubersalz leicht kristallisiren zu lassen, so muß man die interessante Erfahrung benutzen, daß sich Salze um so leichter absetzen, je mehr die Lauge mit einem andern Salze derselben Basis gesättigt ist. Aus der Mutterlauge setzen sich während des Sommers neben dem Kochsalz noch Kristallisationen von schwefelsaurer Magnesia ab. Man löst dieselben wieder zu einer möglichst starken Lösung auf und mischt sie mit einer starken Kochsalzlösung oder bis zum Absetzen des Salzes eingedampften Meerwasser in dem Verhältniß, daß $1\frac{1}{2}$ Aeq. Kochsalz auf 1 Aeq. schwefelsaure Magnesia kommt. Das überschüssige $\frac{1}{2}$ Aeq. Kochsalz bewirkt, daß in einer einigermaßen kalten Nacht sich fast alles gebildete Glaubersalz niederschlägt.

Durch Zusatz einer Lösung von schwefelsaurer Thonerde werden die Kalisalze als Alaun niedergeschlagen.

lose bedeckt, einige Zeit der Einwirkung des Regens ausgesetzt läßt, wodurch die zerfließlichen Salze zum größten Theile entfernt werden. Ein besonderes Trocknen ist nicht gebräuchlich.

Man füllt das Salz in Säcke und bringt es zum Verkauf.

Salzsäure und Glaubersalz. Die Salzsäure, richtiger Chlorwasserstoffsäure genannt, ist in reinem Zustande ein Gas, das sich erst bei — 50° C. zu einer wasserhellen Flüssigkeit verdichtet.

Sie wird vom Wasser mit außerordentlicher Heftigkeit absorbirt. Wenn man ein Medicinglas über Quecksilber mit dem trocknen Gase füllt, es dann mit dem Finger verschließt und unter Wasser öffnet, so stürzt das Wasser wie in den leeren Raum hinein, und das Glas wird durch den heftigen Stoß meistentheils zertrümmert.

1 Vol. Wasser absorbirt bei 20° C. 475 Volumina salzsaures Gas; das spec. Gewicht steigt dadurch auf 1,21 oder 22°B und man erhält so die käufliche Salzsäure.

Diese starke Absorption der Salzsäure würde bei dem geringsten Nachlassen der Entwickelung ein gefährliches Zurücksteigen des Wassers in die Entwickelungsgefäße bewirken, wenn man die Gasleitungsröhren in das Wasser eintauchen lassen wollte.

Dies ist indessen auch gar nicht nöthig, indem die an der Oberfläche gebildete gesättigte Salzsäure wegen ihres hohen spec. Gewichts rasch zu Boden sinkt und so lange reinem Wasser Platz macht, bis die Flüssigkeit vollständig gesättigt ist.

Bei der Absorption des Ammoniaks findet das umgekehrte Verhältniß statt; die Ammoniakflüssigkeit ist spec. leichter als Wasser, und man muß daher hier das Rohr bis auf den Boden tauchen lassen und durch angebrachte Sicherheitsröhren das Zurücksteigen zu verhüten suchen.

Die Salzsäure ist zusammengesetzt aus 1 Aeq. oder 35,4 Gewichtstheilen Chlor und 1 Aeq. oder 1 Gewichtstheil Wasserstoff. Bringt man gleiche Volumina Chlor und Wasserstoff im Dunkeln in ein Glas zusammen und setzt dasselbe alsdann dem directen Sonnenlichte aus, so vereinigen sich beide Gase unter Explosion zu gasförmiger Salzsäure.

Die einzige, practisch angewendete Methode der Darstellung ist die aus Kochsalz und Schwefelsäurehydrat. Der Sauerstoff des Wassers tritt mit dem Natrium zu Natron zusammen, das sich mit der Schwefelsäure zu Glaubersalz verbindet; der Wasserstoff vereinigt sich mit dem Chlor zu Salzsäuregas. $ClNa + SO^3 + HO = NaO + SO^3 + ClH$.

Neuere Versuche haben indessen bewiesen, daß bei Anwendung gleicher Aequivalente und bei gewöhnlicher Temperatur sich zuerst saures schwefelsaures Natron bildet, und daß also nur die Hälfte Kochsalz zerlegt wird.

$$2ClNa + 2(SO^3 + HO) = \left.\begin{matrix} NaO \\ HO \end{matrix}\right\} + 2SO^3 + ClH + ClNa.$$

Wenn man gepulvertes Glaubersalz mit starker Salzsäure übergießt, so entsteht eine sehr bedeutende Kälte; es bilden sich Kochsalzkristalle und saures schwefelsaures Natron löst sich auf. Erhitzt man aber dieses Gemenge stärker bis fast zum Glühen, so wirkt das saure schwefelsaure Natron wie freie Schwefelsäure auf das rückständige Kochsalz ein, und auch die andere Hälfte Salzsäure wird ausgetrieben.

In den Fällen also, wo man nur die Gewinnung einer möglichst großen Menge reiner Salzsäure bei möglichst niedriger Temperatur beabsichtigt, ist es nöthig statt eines zwei Aeq. Schwefelsäure anzuwenden. In bei weiten den meisten Fällen aber wünscht man die kostspielige Schwefelsäure zu sparen und wendet daher nur gleiche Aequivalente beider Substanzen an.

Was die practische Seite der Darstellung anbetrifft, so kann man im Wesentlichen drei Methoden unterscheiden, die kurz erwähnt werden sollen.

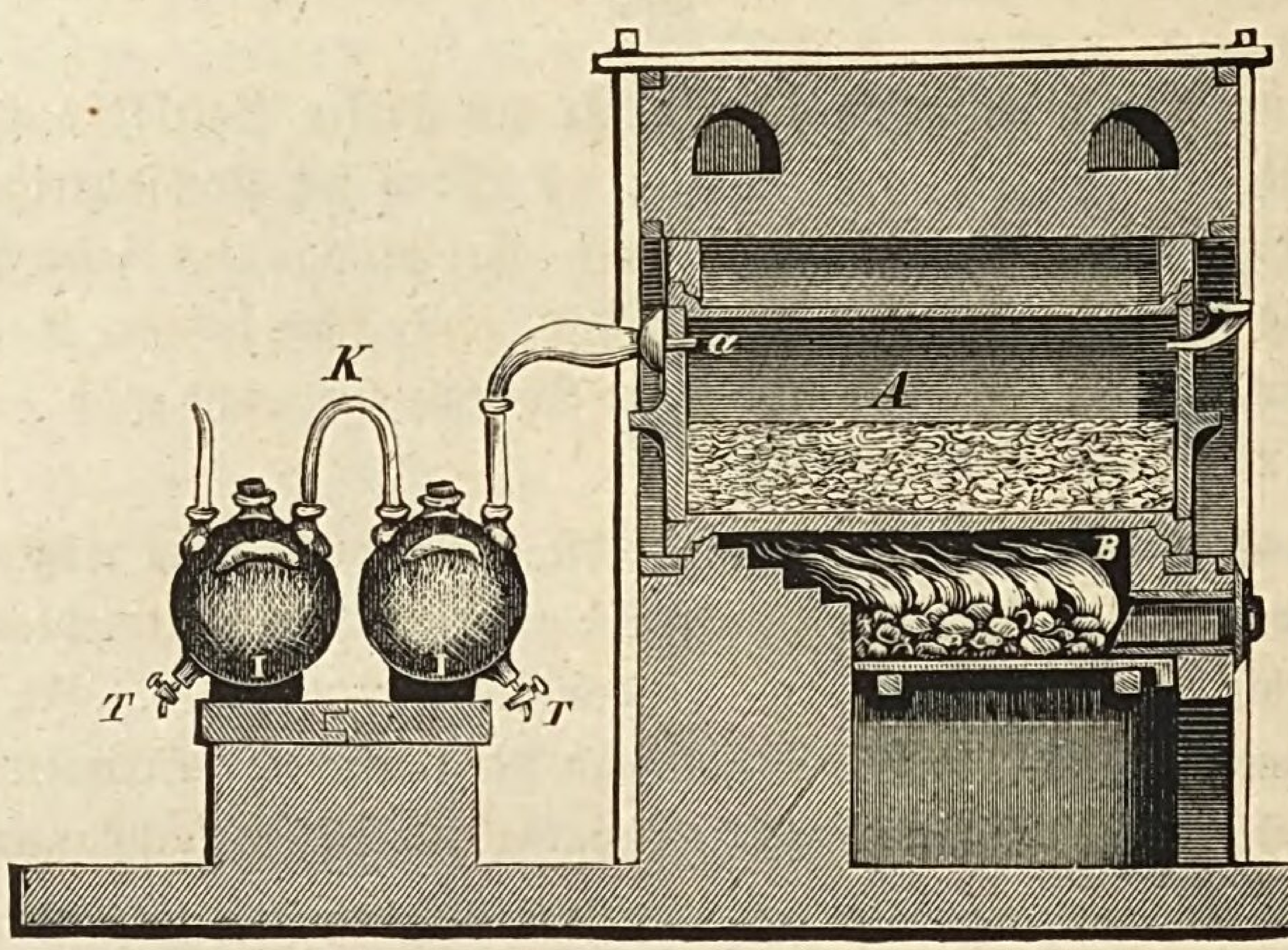
1) In Glas. Hierzu wendet man Retorten von grünem Glase an, die man mit einem Thonbeschlage versieht. Man beschickt sie mit grobkörnigem Kochsalz und sogenannter Kammersäure, welche gerade den genügenden Wassergehalt zeigt. Die Retorten stehen in einem Galeerenofen, durch welchen die heißen Gase eines mäßigen Feuers streichen.

Ihre Hälse ragen hervor und münden zuerst in eine leere Vorlage, in welcher sich die übergespritzten Tröpfchen von Schwefelsäure absetzen. Aus derselben führt eine Blei- oder Glasröhre in einen zweiten Ballon, der zur Hälfte mit Regenwasser angefüllt ist; das hier nicht absorbirte Gas geht in eine dritte und vierte Vorlage über und so fort. Die gesättigte Säure kann durch Glasheber oder Bleihähne am Boden der Gefäße abgelassen werden.

2) In eisernen Cylindern. Dies sind ganz ähnliche Cylinder wie zur Darstellung des Steinkohlengases, nur daß beide Enden aus dem Ofen hervorragen und mit Deckeln versehen sind. Nach Abnehmen des vorderen Deckels werden sie mit Salz beschickt, worauf derselbe wieder gasdicht aufgekittet und verschraubt wird. Durch ein Loch in demselben wird mittelst eines gekrümmten Bleitrichters ziemlich concentrirte Schwefelsäure hinein-

gegossen. Sie muß wenigstens die Stärke der Pfannensäure haben, damit das Eisen nicht zu sehr angegriffen wird. Das erwähnte Loch wird dann durch einen Thonzeugpfropfen verschlossen und an eine gleiche Oeffnung der andern Deckelplatte ein Rohr angesteckt, das in die Condensationsgefäße führt.

Fig. 30.



Darstellung der Salzsäure in eisernen Cylindern.
A eiserner Cylinder, mit Kochsalz gefüllt; a Ableitungsrohr für das Salzsäuregas. B Feuerung. I I Ballons zur Condensation drs Gases, mit Ablaßhähnen T T und Verbindungsrohr K.

Die Retorten dauern ziemlich lange, doch wird leicht etwas Eisenchlorid mit fortgeführt, und die Säure in den ersten Condensationsgefäße zeigt sich daher gelb gefärbt und eisenhaltig. Häufig aber scheint obige Färbung auch durch organische Stoffe hervorgerufen zu sein.

Bei diesen beiden Methoden ist das Glaubersalz nur ein Nebenproduct. Man kann es aus den Glasretorten gewöhnlich nur durch Zerschlagen derselben herausbekommen, und diese Methode ist daher nur dort möglich, wo Glashütten in der Nähe sind, die einerseits die Glasbrocken wieder annehmen, andererseits das reine, eisenfreie Glaubersalz gern verhältnißmäßig hoch bezahlen.

Hierfür muß es indessen vorher sorgfältig von allem Wasser befreit werden, und man calcinirt es daher in besondern Flammöfen. Man formt die feuchte Kristallmasse auch wohl in Ziegel und setzt diese mit Berücksichtigung des Zuges in einen backofenartig construirten Ofen ein.

Aus den eisernen Cylindern erhält man das Glaubersalz vollständig

wasserfrei, und kann es sogleich in den Handel bringen. Es ist indessen gewöhnlich etwas eisenhaltig.

Die dritte Darstellungsmethode der Salzsäure, im Flammofen, ist bei dem Leblanc'schen Sodaproceß zu erwähnen. Hier ist das Glaubersalz die Hauptsache, die Salzsäure oft nur ein sehr lästiges Nebenproduct, dessen Wegschaffung große Mühe macht.

Chlor. Wenn man der Salzsäure durch Zuführen von Sauerstoff Wasserstoff entzieht, so wird Chlor frei. Dies bei gewöhnlicher Temperatur durch den Sauerstoff der Luft zu bewirken, ist unmöglich, da im Gegentheil durch Chlor, besonders im Sonnenlichte das Wasser zerlegt und Sauerstoff frei gemacht wird. Nach einem englischen Patent soll man indessen Chlor erhalten, indem man trocknes Salzsäuregas, mit Luft gemengt, durch glühende Röhren leitet. Es soll sich Wasser und Chlor in reichlicher Menge bilden (?!) Leichter ist es dagegen durch sauerstoffreiche Körper den Wasserstoff vom Chlor zu trennen.

Salpetersäure und Salzsäure geben das sogenannte Königswasser, das in der Kälte zwar eine eigenthümliche Chlorsalpetersäure enthält, beim Erhitzen aber ein Gemenge von Chlor und Untersalpetersäure entwickelt.

$$NO^5 + ClH = NO^4 + Cl + HO.$$

Ebenso bildet sich Chlor beim Kochen von Chromsäure mit concentrirter Salzsäure, indem dabei Chromchlorid entsteht.

Trocknes Chlor in reinster Form wird erhalten, indem man das chromsaure Chlorkalium, ein schön kristallisirtes Salz, das man durch Auflösen von saurem chromsaurem Kali in starker Salzsäure erhält, für sich erhitzt. Am billigsten erhält man indessen das Chlor mittelst des Mangansuperoxydes oder Braunsteins, ein Verfahren, das ausschließlich in der Praxis angewendet wird.

$$MnO^2 + 2\,ClH = MnCl + Cl + HO.$$

Die Darstellung aus Kochsalz, Schwefelsäure und Braunstein, die bei uns in Deutschland die gewöhnlichste ist, basirt auf derselben Formel, indem das Gemenge von Kochsalz und Schwefelsäure die freie Salzsäure vertritt. Auch aus Manganoxyd, Mn^2O^3, erhält man Chlor, hier nach der Formel $Mn^2O^3 + 3ClH = Cl + 2MnCl$, also mit einem bei Weitem größern Aufwand von Salzsäure. Noch geringer wird die Ausbeute bei Manganoxyduloxyd.

Das Chlor ist ein grüngelbes Gas, das sich bei starker Kälte und unter starkem Drucke zu einer ähnlich gefärbten Flüssigkeit verdichten läßt. Es wirkt fast auf alle organischen Stoffe zerstörend ein, indem es sich entweder

mit dem Wasserstoff verbindet und an seine Stelle eintritt, oder indem es das Wasser zerlegt und damit Salzsäure bildet, während der frei werdende Sauerstoff die organischen Substanzen oxydirt.

Daher kommt denn sein höchst erstickender Geruch, seine höchst angreifenden und schädlichen Wirkungen auf die Athmungswerkzeuge.

Man kann sich am besten davor schützen, indem man durch ein mit zerfallenem Kalk gefülltes Kissen athmet. Noch sicherer schützt ein Gemenge von Glaubersalz und Aetzkalk.

Die Anwendung zum Bleichen der Zeuge, zum Zerstören unangenehmer Gerüche und Krankheitsstoffe ist bekannt. Man braucht nur ein Stück Kattun, eine Rose oder eine andere Blume in feuchtes Chlorgas zu tauchen, um sogleich ein Bleichen eintreten zu sehen. Der Farbestoff ist hier bleibend zerstört und kann nicht, wie bei der schwefligen Säure, wieder hergestellt werden. Die Kuhpockenlymphe wird durch Spuren von freiem Chlor vollständig unwirksam. Das Chlor verbindet sich direct mit den Metallen, mit manchen unter lebhafter Feuererscheinung. Es ist in geringer Menge in Wasser löslich und liefert so das Chlorwasser, und wird endlich von den Alkalien und alkalischen Erden mit Begierde absorbirt. Mit Kalkhydrat liefert es den so vielfältig gebrauchten Chlorkalk, der zuerst 1798 von Tennant in Glasgow angewendet worden ist. Eine verdünnte Auflösung von kohlensaurem Natron, in der Kälte mit Chlor gesättigt, giebt die sogenannte Javelle'sche Lauge, die letzte Hoffnung unsrer Hausfrauen bei hartnäckigen Rothweinflecken.

Sehr verschiedene Ansichten herrschen über die Zusammensetzung dieser Verbindungen und die Art, wie sie ihre bleichende Wirkung äußern.

Am einfachsten ist es jedenfalls dem Wortlaute zu folgen und anzunehmen, daß sich das Chlor direct mit dem Kalkhydrat vereinigt zu $CaOCl + HO$, freilich eine so lockere Verbindung, daß sie schon durch Kohlensäure aufgehoben werden kann. Viel complicirter ist es, die Bildung einer Verbindung von Sauerstoff und Chlor, der sogenannten unterchlorigen Säure anzunehmen. Nach dieser Ansicht sollen 2 Aeq. Kalk mit 2 Aeq. Chlor sich zu unterchlorigsauren Kalk und Chlorcalcium zerlegen.

$$2CaO + 2Cl = CaO + ClO + ClCa.$$

Hiernach müßte die Kohlensäure, wenn sie aus dem Chlorkalk Chlor entwickelt, sowohl die unterchlorige Säure als auch die Salzsäure aus ihren Verbindungen austreiben, damit sie durch gegenseitige Zerlegung Chlor und Wasser geben (?!). Durch Einleiten von Chlor in starke ätzende Laugen

entstehen besonders beim Erwärmen chlorsaure Salze, indem sich anderseits 5 Aeq. Chlormetall bilden.

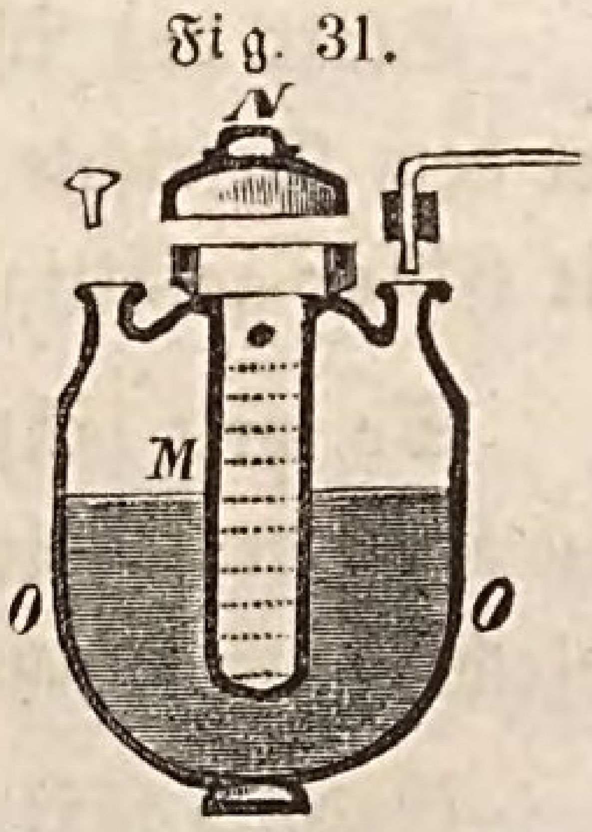
$$6Cl + 6KaO = KaO + ClO^5 + 5ClKa.$$

Die Darstellung des Chlors ist eine sehr einfache Operation.

Man bringt den gepulverten Braunstein, gemengt mit Kochsalz, in eine große bleierne Blase, die mit einem doppelten Boden zum Einleiten eines Dampfstromes versehen ist, und gießt nach dem Aufsetzen des Deckels mit dem doppelten Volumen Wasser verdünnte Schwefelsäure hinzu.

Statt des Helms findet sich ein Ableitungsrohr für das Chlor, ein Eingußtrichter für die verdünnte Schwefelsäure und endlich ein mit Blei überzogenes, eisernes Drehkreuz, das durch eine Stopfbüchse durchgeht und zum Umrühren der breiartigen Beschickung dient. Der Schluß muß möglichst gut erhalten werden, und dabei ist es außerdem dringend geboten, durch gute Ventilation dafür Sorge zu tragen, daß die Arbeiter nicht zu sehr vom Chlor belästigt werden. Am zweckmäßigsten erscheint es, eine Wasserabsperrung anzuwenden, indem man den Rand des Deckels in eine Rinne eingreifen läßt, die mit Wasser oder besser concentrirter Schwefelsäure angefüllt ist. Ein weites Rohr am Boden führt nach Beendigung der Operation das erzeugte Manganchlorür ab, das zum Reinigen von Steinkohlengas Anwendung findet.

Fig. 31.



Chlorentwickelung aus Steinzeuggefäßen.

M durchlöcherter Cylinder zur Aufnahme des Braunsteins bestimmt; N Deckel zum Verschluß der weiten Oeffnung. O Gefäß mit Salzsäure etwa zur Hälfte gefüllt.

Wo man Salzsäure billig genug haben kann, wendet man mit großem Vortheil den Braunstein in ganz groben Stücken an. Man füllt damit einen hohlen Cylinder aus Steinzeug, der am Boden und den Seitenwänden fein durchlöchert ist, ziemlich voll und hängt denselben durch die mittelste Tubulatur eines großen steinzeugenen Gefäßes ein, wie es die beistehende Zeichnung zeigt. Die zwei kleineren seitlichen Tubulaturen dienen zum Einbringen der Salzsäure und zum Ableiten des Gases. Zum Absperren der größeren Oeffnung dient der hydraulische Verschluß. Diese Entwickelungsballons stehen in einem Sandbade und können so ohne Gefahr des Zerspringens erwärmt werden. Man steigert die Temperatur so lange, bis die Salzsäure erschöpft ist und die Chlorentwickelung nachläßt, worauf man das Chlormangan durch einen Hahn am Boden oder einen Heber ablaufen läßt, Braunstein nach Bedürfniß und neue Salzsäure einfüllt.

Um eine zu stürmische Einwirkung zu vermeiden, muß die Salzsäure so weit verdünnt werden, daß sie an der Luft nicht mehr raucht. Der Braunstein wird ohne Anwendung eines lästigen Rührapparats fast noch schneller und vollständiger zerlegt, als in fein gepulvertem Zustande. Von Zeit zu Zeit machen die angehäuften erdigen Verunreinigungen ein völliges Entleeren des Thoncylinders nothwendig. In der Tennantschen Fabrik zu Glasgow dienen zur Chlorentwickelung steinerne, aus genau an einander passenden Platten zusammengesetzte Gefäße, die mit einer gußeisernen Dampfhülle umgeben sind und durch Dampf von geringer Spannung geheitzt werden. Eine Oeffnung am Boden, die mit einem eingeriebenen bleiernen Stöpsel versehen ist, dient zum Entleeren.*)

Das Chlor wird entweder direct, gasförmig und in wässriger Auflösung, oder in Verbindung mit Kalk zum Bleichen benutzt. Mit gasförmigem Chlor werden z. B. die Lumpen zur Papierfabrikation behandelt. Man hat gemauerte Kammern, in welchen die angefeuchteten Lumpen locker übereinander liegen und die alsdann mit Chlorgas angefüllt werden. Will man wässriges Chlor bereiten, so muß man das Gas durch möglichst kaltes Wasser streichen lassen. Dabei findet indeß häufig ein schädlicher Druck statt, wodurch das Gas durch die kleinen Fugen der Apparate gepreßt wird und die Arbeiter belästigt.

Statt des Wassers wird auch Kalkmilch vorgeschlagen. Diese absorbirt dem Gewichte nach so viel Chlor, als sie Kalkhydrat enthält, und muß, mit Chlor gesättigt, eigentlich vollkommen klar sein.

So weit läßt man es indessen nicht kommen, weil ein kleiner Ueberschuß von Kalk den Chlorkalk sehr bedeutend vor rascher Umwandlung und Verschlechterung schützt.

Endlich läßt man auch das Chlor durch zerfallenen Kalk absorbiren, der, auf Horden ausgebreitet, in gemauerte Kammern eingesetzt wird. Der Kalk muß einen bestimmten Feuchtigkeitsgrad haben, um möglichst rasch zu absor-

---

*) In dieser Tennantschen Fabrik erhielt ich Mittheilungen über eine neuerdings versuchte neue Chlorentwickelungsmethode. Man soll Kochsalz und Chilisalpeter in gleichen Aequivalenten mit conc. Schwefelsäure zersetzen. Es entsteht ein gasförmiges Gemenge von Chlor und Untersalpetersäure, das nach der Behandlung mit conc. Schwefelsäure reines Chlor zurückläßt. Die mit Untersalpetersäure beladene Schwefelsäure vertritt die Stelle der Salpetersäure in den Bleikammern. Man erspart so allen Braunstein.

biren. Bei Tennant wird reiner irischer Kalkstein angewendet, gut gebrannt, dann mit Wasser zersprengt und zerfallen lassen, worauf man ihn schließlich mahlt, siebt und endlich auf die Horden bringt. Das Entleeren der Horden, eine wegen des rückständigen Chlors sehr schädliche Operation, wird dadurch wesentlich erleichtert, daß man den Gasstrom absperrt, ehe noch aller Kalk gesättigt ist, und nun längere Zeit stehen läßt, wodurch alles in der Kammer enthaltene Chlor absorbirt wird.

Am besten wäre wohl ein systematischer Betrieb der Art, daß der Kalk im Ueberschuß dem Chlorstrome, etwa durch eine bleierne Schnecke, entgegen geführt würde, und alles unabsorbirte Chlor endlich in einen Schornstein entwiche. Man nähert sich diesem Verfahren in der Praxis dadurch, daß man die Horden nicht auf einmal mit Kalk beschüttet, sondern sie in eine obere und untere Abtheilung scheidet. Das Chlor strömt von oben ein, sättigt den schwachen Chlorkalk auf den obern Horden vollständig und wird unten durch den frischen Kalk bis auf geringe Spuren weggenommen. Man entleert dann die obern Horden, bringt die untern nach oben und schiebt statt ihrer frisch gefüllte Horden ein.

Vielleicht dürfte es sich zweckmäßig erweisen, um alle Entweichung des Chlors zu vermeiden, am Ende des Absorptionssystems eine Glockenpumpe wie beim Leuchtgas anzubringen, die natürlich von Blei und mit Kalkmilch abgesperrt sein müßte.

Der Chlorkalk verschlechtert seine Beschaffenheit an freier Luft ziemlich rasch, außerdem wird er nie ganz gesättigt."

Endlich existiren an manchen Handelsplätzen sogar Personen, die sich ein Geschäft daraus machen, guten Chlorkalk mit zerfallenem Kalk zu verfälschen und ihn freilich etwas billiger, aber begreiflicher Weise übertrieben über den wahren Werth hinaus zu verkaufen. Sehr wichtig ist es daher, die Mengen des wirksamen Chlors zu bestimmen, die in den vorliegenden Chlorkalksorten enthalten sind.

Man bedient sich am besten der maßanalytischen Methoden dazu und wählt unter den vielen vorgeschlagenen ohne Zweifel am sichersten das Verfahren mit Eisen und übermangansaurem Kali.

Man wiegt 2 Aeq. oder z. B. 0,560 Gr. feinen Eisendraht ab, löst ihn in Salzsäure durch Kochen, verdünnt mit Wasser und fügt 0,354 Gr. Chlorkalk (das Aequivalentgewicht von 1 Aeq. Chlor) hinzu.

Enthielte der Chlorkalk 100% Chlor, so würde alles Eisen in Oxyd übergeführt werden; da dies natürlich nicht möglich, so muß man durch Zu-

fügung einer titrirten Lösung von übermangansaurem Kali bis zur Rothfärbung ermitteln, wie viel Eisenoxydul rückständig, wie viel Eisenoxyd daher gebildet worden ist, und berechnet daraus auf's leichteste den Gehalt an wirksamem Chlor.

Die Verdünnung des Eisenchlorürs mit Wasser verhindert die Oxydation durch den fast nie fehlenden chlorsauren Kalk, der für das Bleichen unwirksam ist.

Der beste Chlorkalk enthält 40 bis 45% Chlor.

Natürliche und künstliche Soda. In dem am Strande des Meeres wachsenden Pflanzen finden sich die organischen Kalisalze, welche die meisten Landpflanzen charakterisiren, ganz oder theilweise durch Natronsalze ersetzt. Es ist dies sehr natürlich wegen der reichlichen Menge Kochsalz, welches der Strandboden enthält. Sehr merkwürdig ist es aber, daß die eigentlichen Seepflanzen, die Tange, das Seegras, die doch in einem kochsalzhaltigen Medium gewachsen sind, gerade nur die spurweise im Meerwasser vorkommenden Kalisalze absorbiren. Der aus denselben durch Einäschern der an der Luft getrockneten Pflanzen gewonnene Kelp oder Varec enthält blos 2 bis 3% kohlensaures Natron, während er eine reiche Quelle für schwefelsaures Kali und Chlorkalium ist.

Dieser Eklekticismus der erwähnten Pflanzen geht so weit, daß sie z. B. die für uns im Meerwasser selbst durch die feinsten Reagentien nicht nachweisbaren Spuren von Jod in der Art in sich concentriren, daß die Mutterlauge vom Kelp die reichste Quelle für das jetzt so vielseitig angewendete Jod bildet. Man mengt diese Jodkalium haltende, eingeengte Mutterlauge mit etwas Braunstein und Schwefelsäure, erhitzt nun in einer kleinen bleiernen Blase so lange, als sich noch violette Dämpfe von Jod zeigen, und condensirt dieselben in gläsernen an einander gesteckten Vorlagen.

Statt Braunstein und Schwefelsäure anzuwenden, wobei leicht Chlor frei werden und Chlorjod sich bilden kann, thut man wohl Eisenchlorid, aus Eisenoxyd und Salzsäure bereitet, hinzuzusetzen. Es bildet sich dann Eisenchlorür und reinstes Jod wird frei.

Bis zur großen französischen Revolution waren die südlichen Küstenländer Europas, vor allem Spanien, in Besitz der gewinnbringenden Sodaerzeugung aus den Strandpflanzen. Man baute besonders an den Küsten des Mittelmeeres ganze Strecken des unfruchtbaren Sandes mit den erwähnten krautartigen Strandpflanzen, Salsola, Salicornia, Atriplex-Arten an, erntete sie im Herbste ein, trocknete sie an der Luft und verbrannte sie dann

in großen Gruben, in denen man das Feuer oft Tage lang unterhielt. Dabei erzeugte sich eine solche Hitze, daß die rückständige Asche zu Klumpen zusammenschmolz, die heraus gebrochen und unter dem Namen Barilla in den Handel gebracht wurden. Diese Barilla enthielt neben unlöslichen Salzen, Sand, Kohlentheilchen, bis zu 50% reines kohlensaures Natron und wurde besonders nach Marseille verschifft, wo die schlechteren Sorten von Olivenöl damit zu der schönen Marseiller Sodaseife versotten wurde.

Künstliche Soda. Diese ganz blühende Industrie drohte zusammen zu fallen durch die gänzliche Hemmung des Seeverkehrs, eine unmittelbare Folge der großen Staatsumwälzung, die am Ende des vorigen Jahrhunderts Frankreich erschütterte. Die Republik Frankreich, im Kampfe mit der ganzen Welt, mußte ihr Bestehen nicht allein auf den Heldenmuth ihrer Söhne, sondern auch auf die Intelligenz und den Erfindungsgeist ihrer friedlichen Bürger stützen. Es erschien im Jahre II der Republik das Decret des Convents, welches alle Bürger aufforderte, die ihnen bekannten Verfahrungsarten mitzutheilen, wodurch aus dem Kochsalz auf wohlfeilem Wege Soda erzeugt werden könne.

Mit seltener Bereitwilligkeit wurden von sechs verschiedenen Erfindern ihre Methoden der Oeffentlichkeit übergeben. Von diesen Allen aber hat allein die Methode des Chirurgus Leblanc in der Praxis Eingang gefunden und sich fast ohne Veränderung darin erhalten.

Leblanc theilte das Loos fast aller Erfinder. Den Preis von einer Million Franken, welchen Napoleon demselben geben wollte, hat er nach der Restauration der Bourbons nicht erhalten. Seine unsterbliche Erfindung aber blüht und gedeiht noch heute und hat Fensterglas und Seife, die Hauptbedingungen des Lichtes und der Reinlichkeit und damit die wirksamsten Hebel der Cultur, auch den Aermsten zugänglich gemacht.

Der chemische Proceß, welcher der erwähnten Methode zu Grunde liegt, ist folgender.

Zuerst wird schwefelsaures Natron erzeugt, das durch Glühen mit Kohle in Schwefelnatrium verwandelt wird.

Der zugleich beigemengte kohlensaure Kalk giebt mit dem Schwefelnatrium in der Glühhitze Schwefelcalcium und kohlensaures Natron.

Diese beiden Verbindungen sind aber für sich in Wasser löslich und würden sich beim Auslaugen wieder umsetzen in kohlensauren Kalk und Schwefelnatrium. Glücklicher Weise aber existirt eine Verbindung von Schwefelcalcium mit Aetzkalk, $_2CaS+CaO$ oder vielleicht auch $_3CaS+CaO$, welche in kaltem oder mäßig erwärmten Wasser völlig unlöslich ist. Man braucht also nur

einen Ueberschuß von Kalk zuzufügen, um das kohlensaure Natron unzerlegt zu gewinnen. Indem sich der zugefügte Kalk zum Theil ätzend brennt, erhält man neben dem kohlensauren auch wechselnde Mengen von Aetznatron.

Sehr interessant ist es, daß die Praxis auch in Beziehung auf die quantitativen Verhältnisse dieselben Mengen vorgeschrieben hat, welche die Theorie erfordert.

Nach der obigen Auseinandersetzung ist folgendes Zersetzungsschema anwendbar.

$$2(NaO+SO^3)+3(CaO+CO^2)+9C=2(NaO+CO^2)+Ca^3SO^2+10CO.$$

Dies giebt nach Aequivalentgewichten berechnet.

			Nach Leblanc.
$2NaO+SO^3$	$=142,4$	$=41,1\%$	2000 Kgr. $=40\%$.
$3CaO+CO^2$	$=150,0$	$=43,3\%$	2000 Kgr. $=40\%$.
$9C$	$=54$	$=15,6\%$	1000 Kgr. $=20\%$.
	346,2	$=100,0\%$.	

Nach neueren Angaben wendet man etwas mehr kohlensauren Kalk an. Nimmt man an, daß das als Kohle angewendete Steinkohlenklein nur ungefähr 80% Kohlenstoff enthält, so findet noch eine größere Annäherung statt.

Wie wir aus dieser Darstellung ersehen, zerfällt der ganze Sodaproceß in drei Abtheilungen.

1) Die Darstellung des schwefelsauren Natrons.

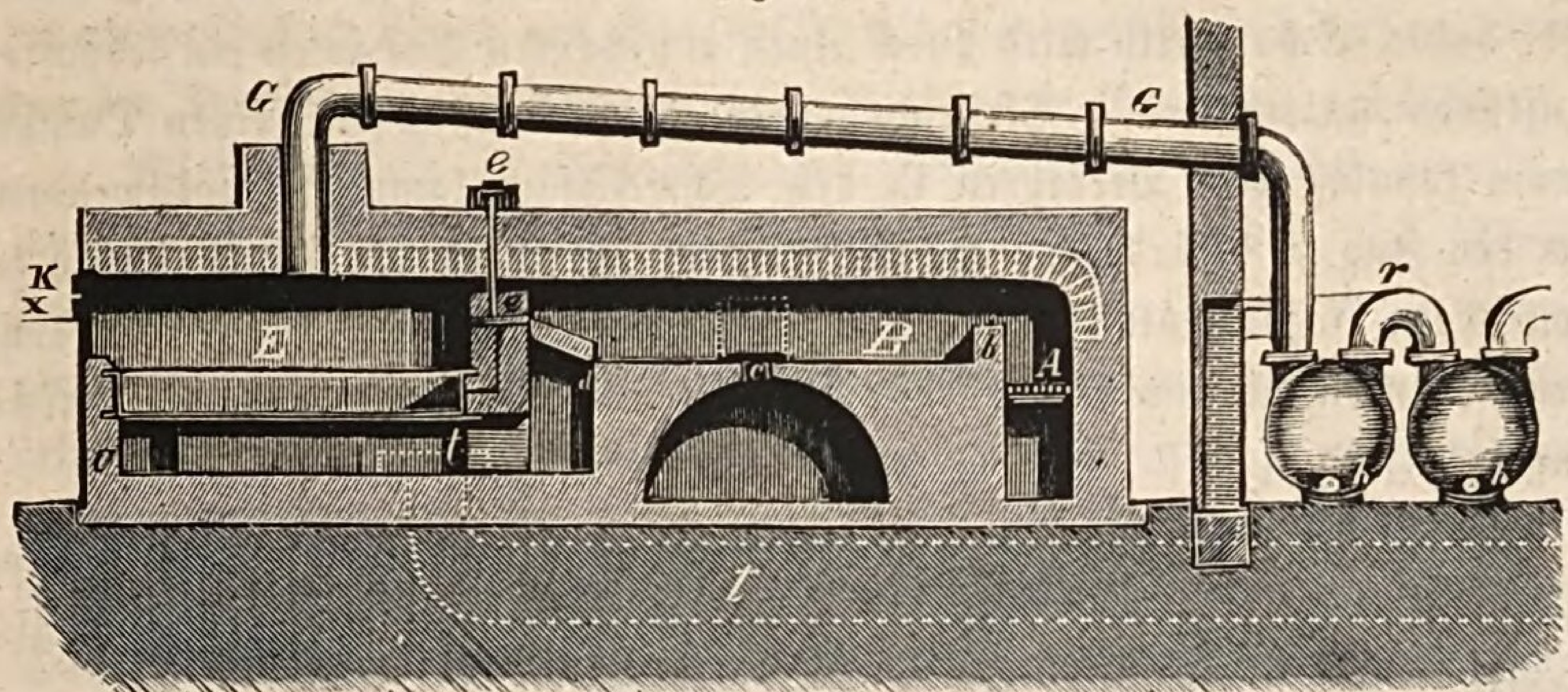
2) Die Umwandlung desselben in kohlensaures Natron.

3) Die Auslaugung und Kristallisation des letzteren Salzes, respective das Eindampfen und Calciniren.

1) Die Erzeugung des schwefelsauren Natrons aus dem Kochsalz durch Erhitzen mit Schwefelsäure haben wir schon bei der Salzsäure erwähnt und haben die dabei üblichen Methoden der Darstellung in Glasgefäßen oder Eisenretorten im Detail angeführt. Der collossale Verbrauch desselben durch die Sodafabriken indessen hat hier auf die Anwendung von Flammöfen mit Nothwendigkeit hingewiesen, wobei freilich die Salzsäure schwieriger zu condensiren ist, weil sie durch die indifferenten Gase der Feuerung im Uebermaaße verdünnt wird. (Siehe S. 167.)

Die in den bessern Fabriken gewöhnlich angewendeten Flammöfen haben zwei Abtheilungen B und E. Die letztere, weiter vom Feuer entfernt, ist aus Bleiplatten gebildet, die von einer gußeisernen Sohle getragen werden. Besser ist noch die in Schottland übliche Einrichtung, die in der Anwendung einer gußeisernen eingemauerten Schale besteht, welche die Gefahr des

Fig. 32.



Umwandlung des Kochsalzes in Glaubersalz. Sulfatofen.

Schmelzens vermeidet und von einigermaaßen conc. Säure nur wenig angegriffen wird.

Das in dieser Abtheilung reichlich entwickelte salzsaure Gas wird nicht mit den Verbrennungsgasen gemischt und daher rascher und vollständiger absorbirt. Zu seiner Ableitung dienen zwei aus Steinzeug bestehende Röhren, von denen indessen auf der Abbildung nur die eine gg sichtbar ist.

In diese Pfanne bringt man nun durch die Thüre K das Kochsalz, und gießt darauf durch einen gebogenen Bleitrichter eine Menge der sogenannten Kammersäure, welche etwas weniger Schwefelsäure enthält, als zur Zersetzung des Chlornatriums gerade nöthig ist. So ist man sicher, daß wenigstens die theure Schwefelsäure ihre Reaction vollständig ausübt. Das wenige rückständige Kochsalz schadet später nicht im mindesten. Ist in diesem Raume die Reaction ziemlich vollendet, so bringt man die halbtrockne Masse nach Entfernung des Schiebers e in den vorderen gemauerten Raum, in welchem sie nun durch die lebhaftere Einwirkung der Flamme vollständig entwässert wird.

Die auf dem Roste A entwickelte Flamme steigt bei d in zwei Kanälen herunter und gelangt durch zwei ebenfalls aus Steinzeug bestehende Röhren t nach analogen Condensationssystemen, wie sie zur Verdichtung der reineren Salzsäure benutzt werden.

Dieselben bestehen aus einer Reihe von großen thönernen Ballons bh, die oben durch sehr weite thönerne Röhren r, unten durch viel engere Glasröhren in Verbindung gebracht sind und am besten auf einer nach der Esse sanft aufsteigenden Ebene stehen. Sie werden zur Hälfte mit Wasser angefüllt gehalten. Durch die obern Verbindungsröhren streichen die Gase,

durch die untern fließt das Wasser zu und die starke Salzsäure ab. In dem sehr hohen Schornstein wird durch einen angebauten Sodaofen ein lebhafter Luftstrom unterhalten. Vielleicht würde es zweckmäßig sein, einen Dampfstrom (analog dem Verfahren in den Schwefelsäurekammern) anzuwenden, um den Zug zu befördern. Häufig werden jetzt, um die Condensation zu vollenden, sogenannte Coaksthürme angewendet, die aus Mauerwerk construirt, unten mit einem Thonroste versehen und mit Coaks von Faustgröße angefüllt sind.

Von unten strömen die Gase ein und treffen auf einen von oben herabfallenden Wasserregen, der die letzten Spuren von Salzsäuregas absorbirt.

In den Centren der Sodafabrikation, wie Marseille, Birmingham, ist die Salzsäure in so reichlichen Massen vorhanden, daß die meisten Fabriken es vorziehen würden, sie frei in die Luft entweichen zu lassen, wenn nicht die schädlichen Einwirkungen derselben zu mannigfachen Entschädigungsklagen der Nachbarn Veranlassung gäben.

Das einfachste Mittel ist jedenfalls die Erbauung eines außerordentlich hohen Schornsteins, durch den die Gase so hoch in die Atmosphäre geführt werden, daß sie, von den Winden zerstreut, nur in unmerkbarer Verdünnung zur Erde zurückkehren. So befand sich bis vor Kurzem in der berühmten Sodafabrik von Muspratt bei Birmingham ein 432 Fuß hoher Schornstein, auf den die Besitzer nicht wenig stolz waren.

Zeitungsnachrichten zufolge haben sie ihn aus irgend einem Grunde cassiren müssen und haben es versucht, ihn durch Pulver zu sprengen. Nachdem 6 Minen, im Fundamente angelegt, ohne Erfolg gewesen waren, verwandelte eine siebente den stolzen Schornstein in einen Berg von 7 Millionen Ziegeln.

Ein anderer Weg ist in Marseille eingeschlagen worden, indem man die Dämpfe durch einen Kanal streichen läßt, der mit Kalksteinen angefüllt ist, welche durch einen schwachen Wasserstrom mäßig angefeuchtet werden. Es bildet sich Chlorcalcium und reine Kohlensäure entweicht. Wo es angeht, hat man diesen unterirdischen Canal um einen Hügel spiralförmig herumgeführt, so daß die Esse auf der Höhe steht und der Canal allmälig aufsteigt, wodurch der Zug wesentlich befördert wird. Auch hier muß indessen wegen der Abkühlung immer noch ein besonderer Zug in der Esse unterhalten werden.

Diese Unannehmlichkeiten des Nebenproductes und der in früherer Zeit bedeutend höhere Preis der Schwefelsäure haben verschiedene andere Methoden der Darstellung des schwefelsauren Natrons in Vorschlag gebracht.

Wird Kochsalz mit schwefelsaurem Eisenoxydul oder Eisenvitriol gemengt und geglüht, so bleibt eine braunrothe Masse zurück, aus schwefelsaurem Natron und Eisenoxyd bestehend, während Salzsäure, kleine Mengen von Chlor und Eisenchlorid entweichen. Noch einfacher ist es, das Kochsalz direct mit Schwefelkies zu mengen und mittelst eines stark oxydirenden Feuers im Flammofen zu rösten. Es bildet sich hierbei Schwefelsäure, die in Verbindung mit den Wasserdämpfen der Flamme das Kochsalz zersetzt. Das schwefelsaure Natron wird durch Auslaugen bei 33^{0}C. vom Eisenoxyd getrennt, und kristallisirt aus der Lösung beim Erkalten. Bringt man eine Lösung von schwefelsaurem Ammoniak, aus den Destillationsproducten thierischer Substanzen durch Sättigung mit verdünnter Schwefelsäure gewonnen, mit Kochsalzlauge zusammen, dampft es ab und läßt kristallisiren, so erhält man zuerst fast reines schwefelsaures Natron und in der Mutterlauge bleibt Salmiak zurück. Das schwefelsaure Ammoniak wird auch gebildet, indem man das kohlensaure Ammoniak durch Gyps filtrirt, und dies ist der einzige Weg, um die im Gyps vorhandene Schwefelsäure in der Sodafabrikation zu verwenden.

2. Umwandlung des schwefelsauren Natrons. Die Leichtschmelzbarkeit dieses Salzes bei höheren Temperaturen macht es unnöthig, dasselbe anders als gröblich zu pulvern. Dagegen scheint es sehr nöthig, den Kalkstein und den größten Theil der Kohle fein zu vertheilen. Der Kalkstein muß möglichst rein und besonders frei von Kieselerde oder Thon sein, da diese mit der gebildeten Soda zu einem Glase zusammenschmelzen würden.

Einen kleinen Antheil der Kohlen wendet man in etwas größeren Stücken an, um die Masse etwas lockerer zu machen, damit sie sich später leichter auslaugen läßt. Bei Tennant verfährt man in Beziehung auf Zertheilung und Mischung der Materialien wenig scrupulös. Die in etwa nußgroße Stücke zerschlagenen Substanzen werden karrenweise abgemessen und nur oberflächlich gemischt. Das Gemenge wird nun in einen Flammofen (s. S. 170) mit weitem Roste und ovaler Sohle eingetragen und möglichst gleichförmig ausgebreitet. Zweckmäßig ist es auch hier, eine Sonderung in zwei Abtheilungen vorzunehmen, von denen die hintere etwas höher liegt und zum Vorwärmen dient. Im Anfange muß die Esse fast vollständig geschlossen

sein, damit nicht zu viel von der pulverförmigen Masse durch den Zug mit fortgerissen wird. Sobald aber erst die Oberfläche geschmolzen ist, verstärkt man das Feuer und befördert das Schmelzen durch regelmäßiges Furchen

Fig. 33 a.

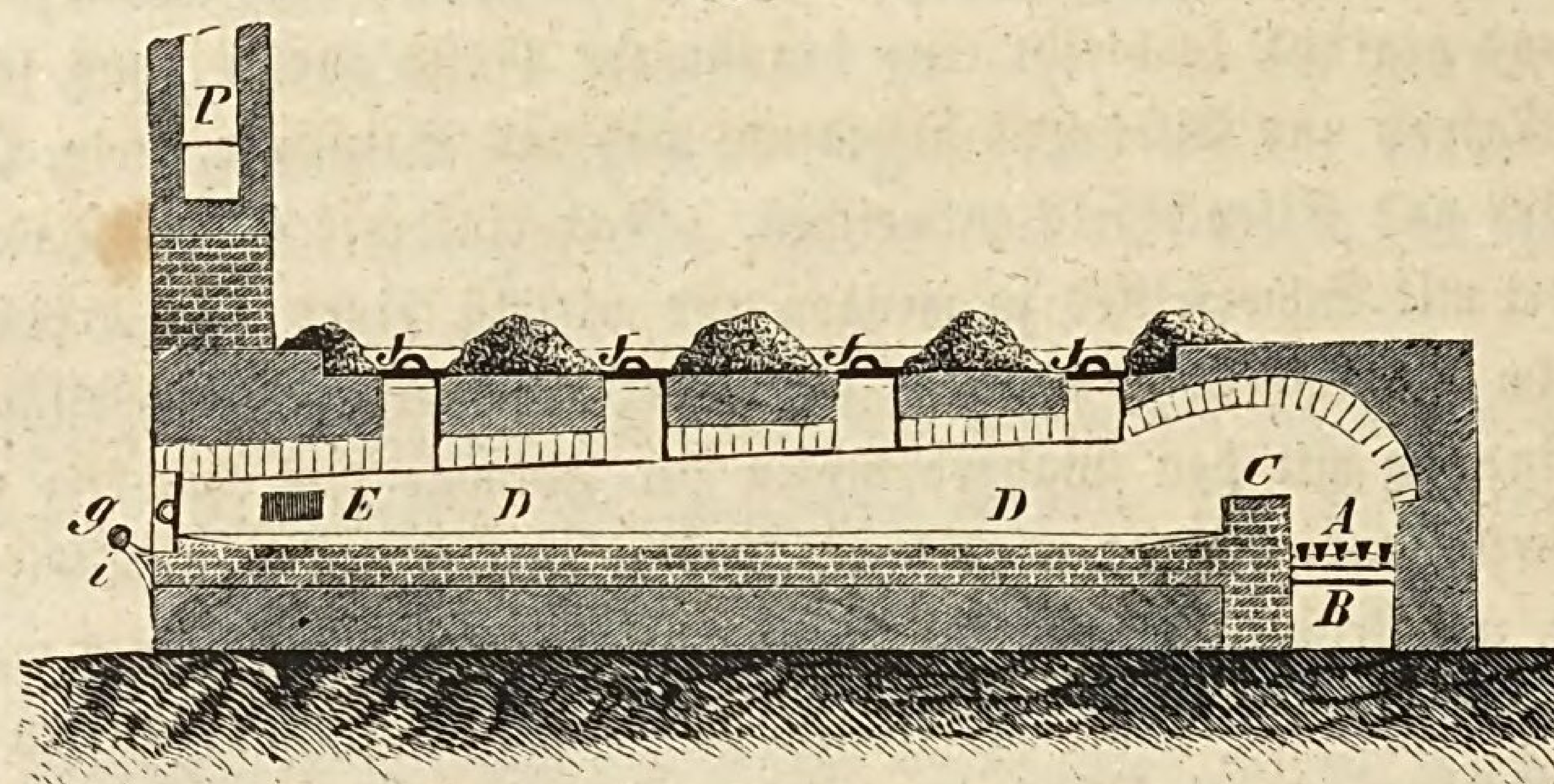
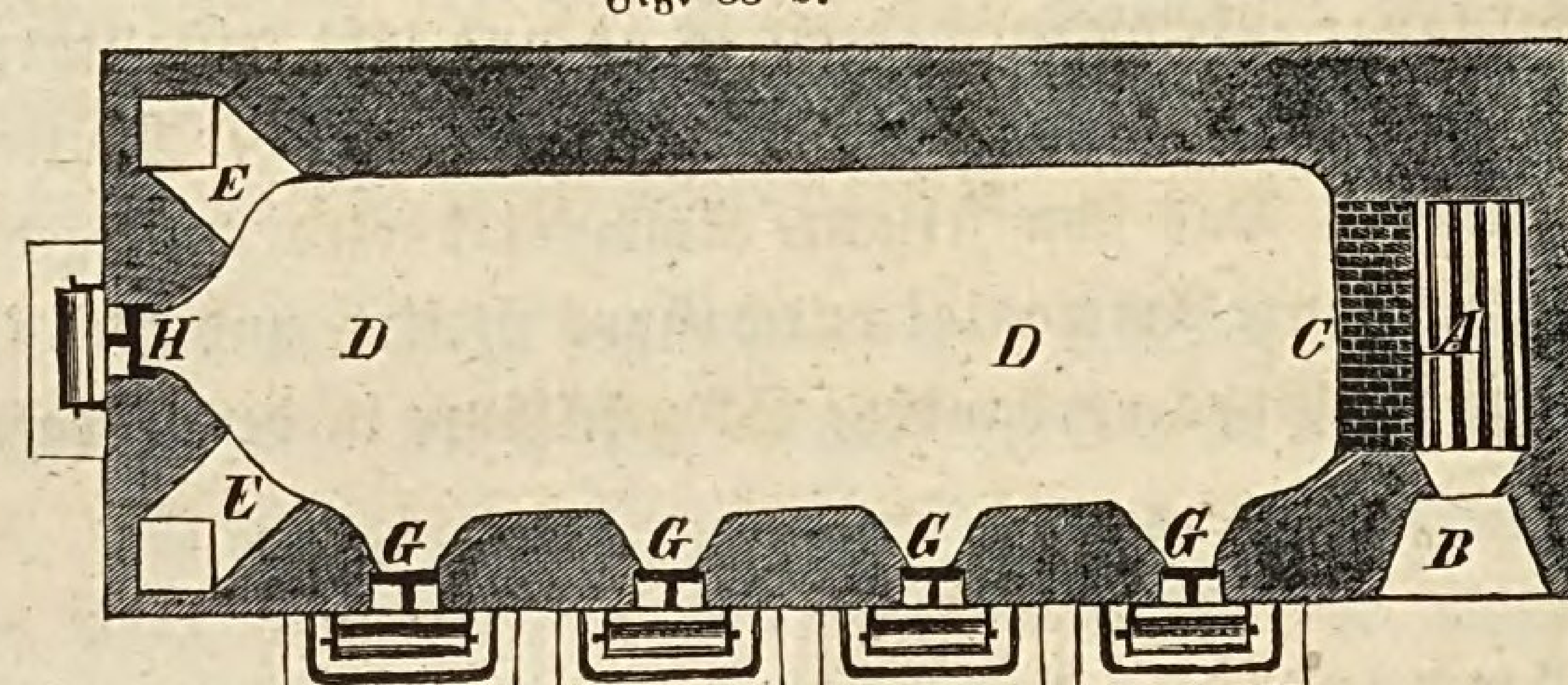


Fig. 33 b.



Umwandlung des Glaubersalzes in Soda.
Sodaofen
A Rost. B Aschenfall. C Feuerbrücke. D Heizraum. E. Fuchs für die abziehende Flamme. gg Arbeitsthüren. JJ Oeffnungen im Gewölbe zum Einbringen der Beschickung.

mit hakenförmig gekrümmten Brechstangen. Nachdem die ganze Masse erweicht ist, beginnt die lebhafte Reaction des Kohlenstoffs auf das Glaubersalz, und lange Flammenzungen von Kohlenoxydgas brechen aus der Masse hervor. So wie die Entwickelung derselben nachläßt, ist es nöthig, die Masse in eiserne flache Kästen herauszukrücken, in denen sie etwas porös erstarrt.

Wollte man länger säumen, so würde nicht allein alles Kohlenoxydgas entweichen und die Masse glasig und schwer angreifbar werden, sondern die gebildete Soda würde auch die Ofenwände zu sehr beschädigen und endlich sich stark verflüchtigen, beides Quellen von Verlusten.

Endlich dürfte auch ein Theil des Schwefelcalciums zu Gyps verbrennen, der sich mit dem kohlensauren Natron beim Auslaugen wieder in Glaubersalz und kohlensauren Kalk umsetzen würde.

Die erhaltene rohe Soda wurde früher direct an die Seifenfabrikanten ꝛc. abgelassen, die damit ganz analog wie mit der Asche oder der Barilla verfuhren, d. h. sie mit Aetzkalk mengten und dann direct eine Aetznatronlauge daraus zogen. Jetzt aber endlich ist das Publicum dahinter gekommen, daß es beim Ankaufen dieser rohen Substanzen meist unsicher kauft, stets aber die Transportkosten für unnütze Substanzen zahlen muß.

3. Auslaugen; Darstellung von Sodasalz und kristallisirter Soda. Die mit dem Hammer vorläufig etwas zerkleinerte Masse wird mit wenig Wasser angefeuchtet und zerfällt oberflächlich, indem das darin enthaltene Aetznatron Wasser und Kohlensäure anzieht. Durch Stampfen oder durch Mühlsteine kann sie weiter zerkleinert werden.

Die Masse enthält an nutzbaren Bestandtheilen bis zu 40 % kohlensaures Natron, — 12 % Aetznatrum, außerdem Kochsalz, kleine Mengen von Schwefelnatrium und unterschwefligsaurem Natron.

Den größten Theil des im Wasser unlöslichen Rückstandes bildet das oben erwähnte basische Schwefelcalcium, das gemengt ist mit Kohlenresten, Sand ꝛc.

Um aus diesem Gemenge die löslichen Bestandtheile mit dem geringsten Aufwande an Wasser auszuziehen, also möglichst das Brennmaterial zum Abdampfen der Laugen zu ersparen, muß man einen systematischen Gang der Auslaugung einschlagen.

Das Princip dieser Auslaugungsmethode findet bei zu vielen Industrien und mit zu großem Vortheile Anwendung, als daß wir dasselbe hier nicht näher ins Auge fassen sollten.

Man denke sich einen Strom Wasser, der von A nach B fließt. Er trifft auf seinem Wege eine Reihe von Behältern, mit auszulaugender Substanz angefüllt, welche langsam von B nach A, also ihm entgegen, fortschreiten.

Bei dieser Anordnung findet einerseits eine vollständige Auslaugung aller Substanz statt, die nach und nach in A ankommt. Andererseits fließt das Wasser auch nicht anders als gesättigt bei B ab; es hat während seines Laufes immer weniger erschöpfte Massen angetroffen und kommt noch zuletzt bei B mit frischer Substanz in Berührung. Es bleibt demnach weiter nichts übrig, als den Wasserzufluß passend zu reguliren, bei B stets für frische Substanz zu sorgen und den erschöpften Rückstand zu entfernen.

In der Praxis der Sodafabriken ist folgende Ausführung beliebt worden:

Man stellt eine Reihe Kästen von Blech oder Holz staffelförmig übereinander auf und verbindet sie der Art, daß immer die unterste gesättigte Schicht aus dem einen Bottich mittelst einer vom Boden aufsteigenden Röhre in den folgenden tieferstehenden überfließt, so bald im obersten Gefäße reines Wasser nachgegossen wird. An die Bottiche schließen sich, ebenfalls staffelförmig aufgestellt, die Bleipfannen an, die zum Eindampfen der Laugen dienen und sämmtlich von einer Feuerung geheizt werden. Die zerschlagene rohe Soda wird in durchlöcherte Blechbehälter eingefüllt, die paarweise mittelst eines Bügels an Stangen gesteckt werden.

Man hängt dieselben zuerst in den untersten Bottich dicht unter der Oberfläche ein und läßt sie einige Zeit darin verweilen. Die erzeugte schwere Lauge sinkt zu Boden, so daß auch dadurch die Auslaugung sehr beschleunigt wird.

Man kann sich ein deutliches Bild hiervon machen, wenn man ein Stück Zucker in ein Glas Wasser wirft. Am Boden liegend, umgiebt es sich mit einer gesättigten Lösung und bleibt dann lange unverändert.

Hängt man es dagegen an einem Faden unmittelbar unter der Oberfläche des Wassers auf, so kann man das Herabsinken der gesättigten Lösung, das Heranströmen des reinen Wassers durch die veränderte Lichtbrechung leicht bemerken, in Folge dessen es sich mit größter Schnelligkeit auflöst.

Nach ungefähr 30 Minuten hebt man dieses Paar Massebehälter in den folgenden Bottich hinüber, und setzt statt derselben ein neues Paar in den ersten ein. So fährt man fort, bis das erste Paar oben ankömmt und herausgenommen wird. Der nutzlose Inhalt wird aus der Fabrik entfernt.*)

---

*) Man hat verschiedene Versuche gemacht, das basische Schwefelcalcium, von dem sich oft Berge um die Fabrik anhäufen, zu verwerthen. Besonders hat man versucht, den Schwefel daraus wieder zu gewinnen, und hat es zu diesem Ende mit der Salzsäure behandelt, die man bei der Bereitung des Glaubersalzes als Nebenproduct erzielt. Da diese aber natürlich nicht ausreicht, so nahm man auch zur Kohlensäure seine Zuflucht, die aus Kohlen durch Verbrennen erzeugt wurde. Auch durch diese nämlich wird aus angefeuchtetem Schwefelcalcium Schwefelwasserstoff frei gemacht. Derselbe sollte an der Luft zu schwefliger Säure verbrannt, und diese dann in die Schwefelsäurekammern geleitet werden. Auf diese Art wäre der einmal angekaufte Schwefel immer in der Circulation geblieben, und nur die zufälligen geringen Verluste hätten ersetzt werden müssen. Leider scheint die Umständlichkeit dieses Processes seiner weiteren Ausbreitung im Wege gestanden zu haben.

Mit jedem Umsetzen der Behälter wird etwa das doppelte Volumen eines Paares derselben an reinem Wasser in den obersten Bottich gelassen, wodurch alle Bottiche überfließen und der letzte seine gesättigte Lauge in die Abdampfgefäße entleert.

Durch schwache Dampfströme wird in den Bottichen eine mäßige Temperatur unterhalten, indem dadurch die Auslaugung rascher vor sich geht.

Dampft man die erhaltene Lauge nunmehr im vollen Kochen ein, so fällt einfach gewässertes kohlensaures Natron in kleinen Körnern nieder und wird mit einer Schaufel, ganz analog dem Kochsalz, herausgezogen.

Man läßt sie abtropfen, trocknet und calcinirt schließlich in einem Flammofen bis zum völligen Weißwerden, und erhält so das sogenannte Sodasalz, welches bis zu 90 % reines kohlensaures Natron enthält.

Die rückständige Mutterlauge ist meistentheils reich an Aetznatron und liefert daher beim directen Eindampfen eine stark ätzende Soda, die unter dem Namen künstliche amerikanische Pottasche in Frankreich in den Handel gekommen ist. Die Pariser Wäscherinnen, von Alters her an Pottasche gewöhnt, wollten die Soda unter ihrem wahren Namen nicht kaufen, trotzdem sie vielleicht nur halb so hoch im Preise stand. Ein ingeniöser Kopf verfiel auf die Idee, das äußere Ansehen der amerikanischen Pottasche möglichst genau nachzubilden, indem er dieses unreine Aetznatron mit einer sehr kleinen Menge von Kupfervitriol versetzte und dann erst calcinirte. Die rückständige halbgeflossene Masse zeigte sich durch gebildetes Kupferoxydul schwach röthlich gefärbt, ziemlich genau von derselben Nuance wie die echte amerikanische Pottasche, und fand nun zum doppelten Preise wie früher einen rapide sich steigernden Absatz, da sie natürlich dieselben, wenn nicht noch bessere Resultate beim Waschen lieferte. Mundus vult decipi, ergo. —

Heutzutage zieht man es vor, diese Mutterlauge auf Soda selbst wieder zu verarbeiten. Man mengt sie zu diesem Ende mit Sägespähnen, Kohlenklein ꝛc., dampft zur Trockne ein und calcinirt von Neuem, wodurch das Aetznatron in kohlensaures Natron verwandelt wird. Das Abdampfen kann in einem Flammofen vorgenommen werden, dessen Sohle aus festgeschlagenem trockenen kohlensauren Natron besteht und in dem die Abdampfung unter starkem Aufblähen sehr rasch vor sich geht. Unzweckmäßig ist die Darstellung des kristallisirten kohlensauren Natrons. Läßt man eine bei 30—40° C. gesättigte Auflösung längere Zeit in der Kälte stehen, so bilden sich große durchsichtige Kristalle, die 10 Aeq. Wasser, also nahezu 63 % Wasser enthalten. Sie verwittern leicht an der Luft und schmelzen beim Erhitzen in ihrem Kristallwasser. Der Preis dieser kristallisirten Soda, obwohl

niedrig genug, ist dennoch im Verhältniß zu der darin enthaltenen Menge reiner Soda zu hoch, eben weil fast die doppelte Menge Wasser nutzlos transportirt werden muß. Nur für rein chemische Zwecke bedarf man der absoluten chemischen Reinheit, die auf diesem Wege allein erlangt wird.

Von den andern Vorschlägen zur Gewinnung von kohlensaurem Natron aus Kochsalz, scheinen noch folgende von Interesse zu sein, obgleich keiner derselben eine practische Bedeutung erlangt hat. Der berühmte Chemiker Scheele hat vorgeschlagen, Kochsalz mit Bleiglätte zu behandeln; es bildet sich dabei Chlorblei und Aetznatron. Leider braucht man wegen des hohen Atomgewichtes viel zu viel Bleioxyd, auf 40 Gewichtstheile Natronhydrat nämlich 112 Gewichtstheile Bleioxyd. In sehr kleiner Menge erhält man kohlensaures Natron als feine Auswitterungen, wenn man Aetzkalk mit Salzwasser anmacht. Wir können an den Mauern, wo der Mörtel mit salzhaltigem Wasser oder Meersand angemacht ist, stets derartige Auswitterungen beobachten, die irrthümlich für Salpeter angesehen werden.

Um nun zum Schluß ein Pröbchen von englischer Querköpfigkeit zu geben, so ist dort ein Patent genommen worden, „auf die Methode, Soda aus Kochsalz durch kohlensaures Silberoxyd zu bereiten!!!“

Die Bestimmung des Gehaltes der Soda an kohlensaurem und ätzendem Natron, (s. Alkalimetrie), wird bei der Pottasche näher erwähnt werden.

Das in letzterer Zeit zu den mannigfachen moussirenden Getränken in großer Menge angewendete, saure kohlensaure Natron wird bereitet, indem man kristallisirte Soda mit entwässerter zu gleichen Theilen mengt, auf Horden in eine gasdicht verschließbare Kammer bringt und reine Kohlensäure hineinleitet. Diese Kohlensäure verbindet sich sehr energisch damit, die Temperatur steigt und die ganze Masse wird sehr feucht, da der größte Theil des Kristallwassers frei wird. Wenn man nicht die Vorsicht gebraucht hätte, entwässerte Soda beizumengen, würde die ganze Masse zerfließen. Eine Blase, die luftdicht in die Kammer eingesetzt ist, dient als rohes Manometer und Regulator für den Gang der Operation. Die Kohlensäure wird meistentheils aus dem sogenannten Magnesit, (kohlensaurer Magnesia), gewonnen, der als Gebirgsart bei Frankenstein in Schlesien ꝛc. vorkommt. Zersetzt man ihn durch Schwefelsäure, so erhält man als werthvolles Nebenproduct Bittersalz, welches fast vollständig die Kosten deckt. Auch benutzt man wohl natürliche Kohlensäurequellen, wie sie in vulcanischen Gegenden so häufig vorkommen. Endlich kann man auch das kohlensaure Natron in Schalen über den Gährgefäßen einer Brennerei oder Brauerei aufstellen,

wo es nach kurzer Zeit in halbsaures, nach längerem Verweilen in doppelt kohlensaures Natron umgewandelt sein wird.

Man fertigt aus diesem sauren kohlensauren Natron mit Zucker kleine Pastillen, welche die Verdauung sehr befördern sollen und unter dem Namen „Pastilles de Vichy" bekannt sind.

Am meisten aber wendet man es zu den sogenannten Brausepulvern an, die das erwähnte Salz, gemengt mit Weinsteinsäure und Zucker, enthalten.

Wirft man dieselben in Wasser, so beginnt augenblicklich die Verbindung der Weinsteinsäure mit dem Natron, und Kohlensäure in reichlicher Menge wird frei.

Der Zucker als pulverförmiger Körper bewirkt aber, daß die meiste Kohlensäure in gasförmigem Zustande, also unnütz, entweicht. Es sind deshalb die allbekannten Poudres Fèvres mehr zu empfehlen, die das Alkali und die Säure gesondert enthalten und in denen der Zucker fehlt. Da das weinsteinsaure Natron abführend wirkt, so hat man auch mannigfaltige Apparate construirt, um nur die entwickelte Kohlensäure, nicht das entstandene Salz in dem Getränk aufzulösen.

Diese sogenannten Vases äerofuges sind indessen kostspielig und gefährlich.

Es ist daher viel besser, sich lieber des reinen kohlensauren Wassers zu bedienen, das jetzt von den Fabriken künstlicher Mineralwässer, die fast in jeder größeren Stadt sich finden, zu sehr billigen Preisen in den Handel gebracht wird.

Fünftes Kapitel.

Die Pottasche; Alkalimetrie.

Schon bei der natürlichen Soda wurde erwähnt, daß sie aus der Asche verschiedener Strandpflanzen gewonnen werde. Betrachten wir an dieser Stelle die Bedeutung der Mineralbestandtheile der Pflanzen, der Asche, etwas näher. Ziehen wir eine Pflanze in einem Boden, der ihr keine löslichen, unorganischen Substanzen zuzuführen vermag, z. B. destillirtes Wasser, Zuckerkohle, reiner Quarzsand, so wird sie zwar Blätter, vielleicht auch Blüthen treiben, aber sicher keine reifen Saamen tragen. Sämmtliche Theile werden sich kümmerlich und schlaff entwickeln und, wenn wir die Pflanze nunmehr verbrennen, so wird sie genau so viel Asche liefern, als schon der Saamen enthalten hat. Zufälliger, oder soll man sagen, klugerweise hat die Natur in den Saamen eine große Menge Mineralbestandtheile angehäuft. Setze ich aber dem oben erwähnten Boden kleine Mengen der nöthigen Salze zu, so erziele ich auf diesem künstlichen Boden eine durchaus normale, kräftige Vegetation. Der Schluß liegt daher nahe, daß diese Mineralbestandtheile nothwendige Nahrungsmittel für die Pflanzen darstellen. In welcher bestimmten Art sie fungiren, ist noch nicht aufgeklärt.

Sollten sie vielleicht theilweise eine Rolle spielen, analog dem Kochsalz in der menschlichen Verdauung, das für die Auflösung des Fibrins und Albumins im Magen seine Salzsäure, für die Fettbildung in der Galle sein Natron liefern muß, um dann endlich wieder zu Kochsalz zusammen zu treten.

Um ein Beispiel anzuführen, so finden wir in dem Safte der unreifen Weinbeeren wenig Zucker und sehr viel Aepfelsäure, $C^8H^6O^{10}$, in den reifen dagegen viel Zucker und eine geringere Menge Weinsäure, $C^8H^6O^{12}$, mit Kali zu dem schwer löslichen weinsteinsauren Kali oder Weinstein verbunden.

Ich entwerfe nun folgende Formel:

9 Atome Aepfelsäure $= 9(C^8H^6O^{10}) = C^{72}H^{54}O^{90} + 6HO = C^{72}H^{60}O^{96}$.

6 Atome Weinsteinsäure $6(C^8H^6O^{12}) = C^{48}H^{36}O^{72}$

Es bleiben 2 Atome Traubenzucker $= C^{24}H^{24}O^{24}$.

Unter dem Einflusse des Kalis, das sich in reichlichster Menge in den Weinbeeren vorfindet, und dessen Bestreben das schwer lösliche weinsaure Kali zu bilden, zerfällt die Aepfelsäure in eine kleinere Menge Weinsteinsäure und Traubenzucker.

Weit entfernt davon, in obiger Rechnung etwas anders als eine sehr gewagte Hypothese zu sehen, mache ich hiermit nur von dem Rechte Gebrauch, die Erklärung eines Räthsels zu versuchen, dessen wirkliche Lösung vielleicht Andern überlassen bleibt.

Die Mineralbestandtheile wären demnach für die Pflanzen wie für den Thierkörper, chemische Agentien, welche die verschiedenen Bildungsstufen, von der Kohlensäure bis zur fertigen Zelle, vermitteln. Es kann daher sehr wohl ein Stoff durch einen gleichwirkenden, Kali durch Natron, Kalk durch Magnesia, Eisen durch Mangan, ganz oder partiell ersetzt werden, keinesfalls aber können die Mineralbestandtheile ganz fehlen.

Daß neben dieser chemischen Rolle einzelne Substanzen auch eine mehr mechanische spielen, ersieht man z. B. aus der großen Menge Kieselsäure, die sich in der Asche der Cerealienhalme findet und gewiß nicht unwesentlich zu ihrer Starrheit beiträgt. Finden wir doch die Kieselsäure bei den Schachtelhalmen in fast reinem, kristallinischem Zustande ausgeschieden.

Die in größerer Menge vorkommenden Aschenbestandtheile sind nun folgende:

Kali		Kohlensäure *)	
Natron		Schwefelsäure	
Kalk	als Basen.	Kieselsäure	als Säuren.
Magnesia		Phosphorsäure	
Eisenoxyd		Salzsäure	

Je nach den Pflanzen, welche die Asche geliefert haben, herrschen einzelne dieser Bestandtheile vor.

*) Die Kohlensäure ist das Residuum der verschiedenen organischen Säuren, an welche die Alkalien gebunden waren. Alle pflanzensauren Alkalien lassen beim Einäschern kohlensaure Salze.

Die Hülsenfrüchte, Oelfrüchte und Cerealien enthalten besonders phosphorsaure Alkalien, die Stengel der Gräser besonders Kieselsäure und Kali; die krautartigen Gewächse so wie das Holz der Bäume liefern eine Asche, die reich an Kali und Kalk, gebunden an Kohlen- und Schwefelsäure ist. Auch bei einer und derselben Pflanze treffen wir je nach den untersuchten Theilen die wesentlichsten Verschiedenheiten in der Zusammensetzung und Menge der Asche.

Der Weizen enthält im Stroh besonders Kali, Kalk und Kieselsäure, während die zur Nahrung des Menschen bestimmten Körner besonders reich an den phosphorsauren Salzen des Kali und Kalkes sind.

Der Stamm der Eiche liefert nach Saussüre	0,2% Asche	von 100 Theilen trockner Substanz.
Die Aeste	0,4% „	
Die Rinde	6,0% „	
Die Blätter	5,5% „	

Die krautartigen Gewächse liefern noch viel mehr. Besonders reich an Aschenbestandtheilen ist der Tabak.

Wir sehen hieraus, daß je kräftiger die Vegetation in irgend einem Pflanzentheile, desto größer auch sein Aschengehalt ist.

Die Pflanzen sind allseitig geschlossene Organismen; sie können daher ihre Nahrungsmittel, also auch die Mineralsubstanzen nur im aufgelösten Zustande aufnehmen. Wenn daher z. B. auch das Kali in der Verbindung mit Kieselsäure und Thonerde, als Feldspath, in großer Menge in fast jeden Boden enthalten ist, so muß dieser Feldspath doch erst durch Verwitterung aufgeschlossen werden, damit das entstandene, lösliche kieselsaure Kali von den Pflanzen verwendet werden kann. Bei unseren jetzigen Culturverhältnissen entziehen die gesteigerten Ernten dem Boden das Kali 2c. so rasch, daß der rationelle Landwirth streng darauf sehen muß, möglichst wenig von den Aschenbestandtheilen zu verlieren.

Was er als Milch, Fleisch, Käse, Getreide davon verkauft, wird ihm gut bezahlt, unendlich viel höher, als die dadurch entführten Aschenbestandtheile werth sind. Will er diese aber, im Gegensatze hierzu etwa als Pottasche, (aus Wermuth gewonnen, wie dazu von Hermbstädt der Vorschlag gemacht worden ist), verkaufen, so handelt er wie ein Kind, das ein Goldstück für einen Rechenpfennig hingiebt.

Die Weinbauer klagen über Armuth, über schlechte und unsichere Ernten, bedenken aber nicht, daß sie zum größten Theile selber Schuld daran sind.

Im Wein, den sie verkaufen, geht schon eine beträchtliche Menge Kali fort, das ihrem Boden entzogen wird. Nicht zufrieden damit, verbrennen sie die Hefe und die Trestern, um eine kleine Menge Pottasche zu gewinnen, lassen auch wohl die Destillationsrückstände weglaufen und verkaufen den Weinstein, der sich in den Fässern absetzt, während sie diese Abgänge sorgfältig sammeln sollten, um ihren Weinbergen wenigstens einen Theil des entzogenen Kali's wieder zu geben. So kommt es, daß höchstens aller 6 Jahr auf ein erträgliches Weinjahr gerechnet werden kann.

Die Forstcultur allein ist es, welche erlaubt, die Aschenbestandtheile zum Verkauf zu verarbeiten. Das Wachsthum der Bäume ist so langsam, sie bedürfen so wenig Aschenbestandtheile, sie geben dem Boden durch ihre abfallenden Zweige und Blätter so viel wieder, daß der Waldbau, unterstützt durch den allmäligen Verwitterungsproceß den Boden eher verbessert als erschöpft.

Aus diesem Grunde waltet kein staatsöconomisches Bedenken ob, welches gegen die Kaligewinnung aus der Asche der Bäume spräche.

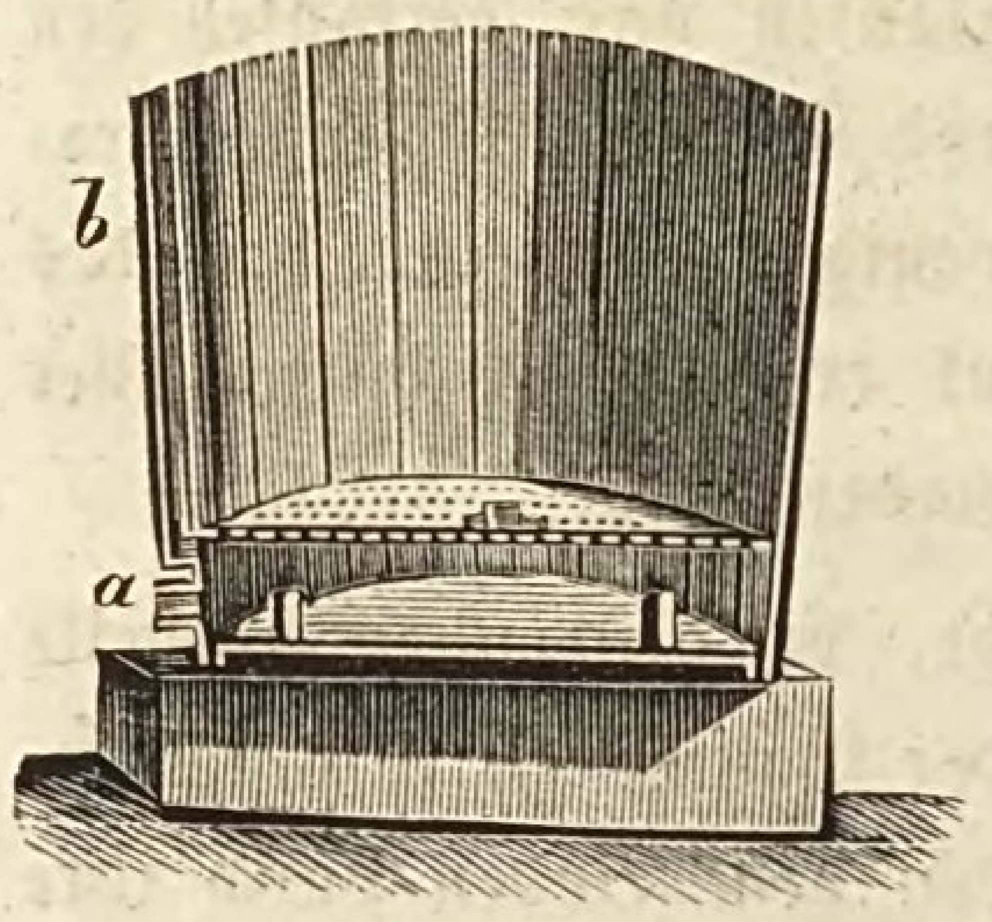
Das Holz hat indessen nur noch in sehr wenigen Gegenden Europas einen so niedrigen Preis, daß es zum alleinigen Zwecke der Aschengewinnung verbrannt werden könnte. Dagegen ist im weiten Westen von Nordamerika, wie die Amerikaner meinen, noch so viel überflüssiges Holz, daß gegen dasselbe mit Axt und Feuer gewüthet wird, blos um es zu entfernen. Die Pottaschengewinnung daraus ist bei den noch mangelhaften Transportmitteln die einzige Art, aus diesen Riesenstämmen Geld zu machen, und diesem Geschäfte geben sich die Amerikaner daher in großer Ausdehnung hin. Einige durchsägte Tonnen, eine Lage Maisstroh, ein Paar kupferne Kessel genügen, um die Riesen der Wälder in ein Paar leicht transportirbare Pottaschenfässer unterzubringen.

Der jungfräuliche Boden ist reich genug, um auch ohne Düngung Jahrzehnte hindurch reichliche Ernten zu erzielen. Was kümmert es den Ansiedler, wenn er ein Paar Jahre später weiterziehen muß.

In den weiten Steppen Rußlands ist die zweite, wichtige Quelle des kohlensauren Kali's. Auch hier stehen fast unerschöpfliche Wälder zu Gebote, die keine andere lohnende Ausbeute gestatten. Außerdem erlaubt es die Abhängigkeit zahlloser Leibeignen von einem Grundbesitzer demselben auf der Asche ihrer Feuerungen, welche sie abzuliefern gezwungen sind, eine großartige Fabrikation zu basiren. Außer Holz werden auch noch große Mengen von krautartigen Steppenpflanzen gesammelt und verbrannt.

Die Einrichtung einer solchen Pottaschensiederei ist sehr einfach. Man verschafft sich eine Anzahl Theertonnen, die man am Spundloche auseinander sägt und mit einem falschen durchlöcherten Boden versieht, welcher etwa 3 bis 4 Zoll über dem wahren Boden steht.

Fig. 34.



Pottaschenlaugefässer.
a Hahn zum Ablassen.
b Luftrohr. c Falscher Boden.

Auf diesen Boden kommt eine Schicht Stroh, auch wohl ein grobes Leintuch und auf dieses die etwas angefeuchtete Asche, welche, um falsche Wege zu vermeiden, möglichst gleichmäßig eingedrückt wird. Dicht über dem Boden befindet sich eine Oeffnung, die mit einem hölzernen Zapfen verschlossen wird. Gut ist es, wenn auch eine Röhre unmittelbar unter dem falschen Boden eingesetzt ist, damit die Flüssigkeit, welche aufgegossen wird, nicht durch die eingeschlossene Luft an dem Durchsinken verhindert wird.

Diese Luftröhre muß sich natürlich nach oben umbiegen und etwas über den Bottigrand hinausreichen. Die erwähnten Auslaugefässer oder sogenannten Aescher stehen terassenförmig in zwei Reihen übereinander. Vor ihnen sind noch etwas größere leere Bottiche in die Erde gegraben, welche zum Auffangen der erhaltenen Lauge bestimmt sind.

Die gewöhnlich angewendete Holzasche enthält an auflöslichen Theilen viel kohlensaures Kali, ferner kleinere Mengen schwefelsaures Kali und Chlorkalium und etwas weniges kieselsaures Kali; als unlöslichen Rückstand kohlensauren und phosphorsauren Kalk, kieselsaures Kali mit einem Ueberschuß an Kieselsäure, Eisenoxyd und Manganoxyd, so wie endlich Sand- und Kohlentheilchen.

Wegen des Gehaltes an kieselsaurem Kali und kohlensaurem Kalk benutzt man den erschöpften Rückstand als Zuschlag beim Bouteillenglase. Wegen des beigemengten phosphorsauren Kalkes dient derselbe auch als ein vortreffliches Düngemittel; auch das kieselsaure Kali, das sich durch die Kohlensäure der Luft allmälig zerlegt und daher nach längerem Lagern des Rückstandes von neuem eine schwache Lauge liefert, mag in dieser Beziehung wichtig sein.

Was nun die löslichen Bestandtheile anbelangt, so kann man durch kaltes Wasser das kohlensaure Kali ziemlich rein ausziehen, indem das schwefelsaure Kali nur in heißem Wasser in bedeutenderer Menge löslich ist. Wenn man daher die Asche zuerst nur mit kaltem Wasser erschöpfen wollte,

so könnte ein zweites Auslaugen mit heißem Wasser das für die Alaunwerke so wichtige schwefelsaure Kali liefern, das bei der gewöhnlichen Art der Verwendung der Pottasche meistens nutzlos verzettelt wird. Gewöhnlich aber wird, um die Operation zu fördern, gleich mit heißem Wasser ausgelaugt. Der erste Auszug ist von einem spec. Gewicht von 20⁰ B., also gleich siedewürdig; durch einen zweiten Aufguß gewinnt man eine bedeutend schwächere Lauge, die auf ein frisch beschicktes Faß aufgegeben werden muß.

Nur selten wird noch ein drittes Mal Wasser aufgegeben oder wenigstens die erhaltene Lauge nur zum Anfeuchten der frischen Asche angewendet. Die erhaltenen siedewürdigen Laugen werden in flachen eisernen Kesseln zur Trockne verdampft; die erhaltene feste, meist durch ausgezogene organische Theile tief braun gefärbte Masse wird mit Meißeln und Stemmeisen losgebrochen, bei welcher Operation natürlich die Pfannen nicht wenig leiden.

Durch beständiges Rühren kann man das Anbacken zwar verhindern, bekommt aber dann eine viel wasserhaltigere, feuchte Masse.

Die so erhaltene rohe Pottasche muß, um verkäuflich zu sein, einer gelinden Glühhitze ausgesetzt werden, eine Operation, durch welche der Rest des Wassers verdampft und die braunfärbenden Stoffe verbrennen.

Gewöhnlich geschieht dies in einem backofenförmigen Flammofen mit zwei Feuerungen an den Längsseiten. Die Flamme muß ziemlich stark oxydirend gehalten werden, damit die beigemengten organischen Substanzen verbrennen. Die Feuerungen haben deshalb eine sehr große Rostfläche und sind nur durch niedrige Feuerbrücken begrenzt, so daß nur eine dünne Schicht Brennmaterial auf ihnen aufgehäuft werden kann, die nicht hinreicht, um der durchströmenden Luft allen Sauerstoff zu entziehen. Außerdem bleibt der Ofen vorn offen, so daß auch hier ein reichlicher Luftzutritt stattfinden muß. Nachdem derselbe angeheizt, wird die rohe Pottasche hineingeworfen. Sie bläht sich durch die entweichenden Wasserdämpfe auf und brennt sich dann bei vorsichtig geleitetem Feuer vollständig weiß. Man kann dies durch Zumischen einer kleinen Quantität Salpeter wesentlich befördern, darf indessen die Temperatur nur sehr allmälig und ja nicht zu hoch steigern, indem in den geschmolzenen Theilen leicht einige kohlige Partikelchen eingeschlossen bleiben. Glücklicherweise schmilzt das kohlensaure Kali erst bei ziemlich hoher Temperatur. Die erhaltene Pottasche ist durch Eisenoxyd etwas röthlich, auch wohl durch gebildetes mangansaures Kali etwas bläulich gefärbt. Sie zieht sehr leicht Feuchtigkeit aus der Luft an und muß daher in gut verschlossenen Fässern aufbewahrt und transportirt werden.

An andern Stellen dampft man die Lauge nur bis zur öligen Consistenz ab, wo dann beim Abkühlen kohlensaures Kali in bräunlichen Kristallkörnern anschießt, gemengt natürlich mit verhältnißmäßig großen Mengen schwefelsauren Kali's und Chlorkaliums. Diese Kristalle werden calcinirt, die Mutterlauge auf die Aescher zurückgebracht.

Ich habe schon oben angeführt, daß die Weinhefe und die Weintrestern wegen des darin enthaltenen Weinsteins auf Pottasche verarbeitet werden. Man rührt diese Substanzen mit Wasser an und läßt die darin enthaltenen Zuckertheilchen durch eine erneute Gährung in Alkohol übergehen. Die Masse wird alsdann in Säcke gefüllt, ausgepreßt und die gewonnenen Flüssigkeiten destillirt. Der feste Preßrückstand wird getrocknet, auf einem ebenen Platze verbrannt und die Asche, welche sehr reich an kohlensaurem Kali ist, wie oben behandelt.

In der neuesten Zeit ist durch die große Verbreitung der Rübenzuckerindustrie auch eine neue Quelle der Pottaschenerzeugung aufgeschlossen worden. Nach der mehrmaligen Verkochung und Kristallisation des ausgepreßten Saftes bleibt bekanntlich ein Syrup, die sogenannte Melasse zurück, die zwar noch bis zu 50% Rohzucker enthält, indessen wegen ihres Gehaltes an Salzen (—10%) denselben nicht mehr in Kristallen gewinnen läßt. Zum Genuß für Menschen und Thiere ist sie nicht allein wegen ihres unangenehmen Geschmacks, sondern auch besonders wegen ihrer abführenden Wirkung wenig geeignet.

Sie läßt sich indessen nach der Verdünnung bis auf 11° B. und schwachem Ansäuern mit Schwefelsäure leicht in Gährung versetzen und liefert dann eine reichliche Quantität Alkohol. Die nach der Destillation übrig bleibende Schlempe ist zum Verfüttern natürlich nicht tauglich, und selbst das Weglassen verbietet sich dadurch, daß sie merkwürdigerweise in den Wasserläufen, wohin sie selbst in kleinen Mengen gelangt, die Bildung von Algen, (Leptomitus lacteus), in wahrhaft überraschender Ausdehnung hervorruft.

Somit waren die Fabrikanten gezwungen, auf eine Verwerthung derselben zu denken. Es ist dies, wie die Salzsäure bei der Soda ein unangenehmes Nebenproduct, dessen Verwerthung nur in Gegenden, wo das Brennmaterial sehr billig ist, lohnend sein kann, da man eine sehr große Quantität Wasser verdampfen muß, um die Salze zu gewinnen. Die Runkelrübe enthält Kali und Natronsalze, wahrscheinlich meistens an Pflanzensäuren gebunden. Bei der Bearbeitung wird Kalk zugefügt und dadurch ein Theil des Kali's frei gemacht. Die Melasse regirt hierdurch und durch

den Kalkgehalt alkalisch. Setze ich nun Schwefelsäure bis zur sauren Reaction zu, so muß das freie Kali neutralisirt werden. Daß man bei der Verarbeitung der Schlempe auf Salze überhaupt noch kohlensaures Kali erhält, deutet darauf hin, daß ein großer Theil des Kali's an organische Säuren gebunden ist. Nach meinen Versuchen ist dies wahrscheinlich Milchsäure, wofür auch der Umstand spricht, daß Buttersäure und Wasserstoffgas in reichlicher Menge entstehen, wenn man die warme Schlempe einige Zeit lang stehen läßt. Diese Gährung der Schlempe ist oft so heftig, daß beim Anzünden der Wasserstoffgasblasen eine fußhohe Flamme entsteht.

Die Schlempe, welche c. 4° B. zeigt, enthält noch eine nicht ganz unbedeutende Menge Zucker, ist stark braun gefärbt und soll nach einigen Angaben in großen viereckigen eisenblechernen Pfannen, die staffelförmig übereinander aufgestellt sind, bis auf 26° B. eingedampft werden. Die Pfannen müssen einen breiten Rand haben, damit der sich bildende, starke Schaum nicht übersteigt. Diese Pfannen sind sehr kostspielig, werden von der sauren Schlempe stark angegriffen und brennen leicht durch, besonders wenn man es versäumt hat, dazu kleine, gehämmerte Bleche anzuwenden, wie es bei den Salinen die Erfahrung als zweckmäßig gelehrt hat. Die durch Walzen erhaltenen Kesselbleche bekommen wegen mangelhafter Schweißung gar zu leicht Blasen und Brüche. Viel zweckmäßiger ist es, von Anfang bis zu Ende die Abdampfung in niedrigen langen Flammöfen vorzunehmen, deren Sohle und Seitenwände aus scharf gebrannten Ziegeln, in Cement gelegt, bestehen. Diese Oefen, in deren ganzer Länge die Flamme über den Flüssigkeitsspiegel hinstreicht, machen wenig Anlage- und Unterhaltungskosten und gestatten sehr große Massen Wasser zu verdampfen.

Ein Pfund Steinkohle verdampft hierbei erfahrungsmäßig 6 bis 7 ℔ Wasser, ein Resultat, wie es kaum unter den besten Dampfkesseln erzielt werden kann. Nachdem die Schlempe in diesen Oefen auf c. 25° B. gebracht worden ist, läßt man sie in gemauerte Bassins laufen, in denen sich der Gyps zum größten Theile absetzt, und bringt sie dann in einen zweiten kleineren Flammofen, in welchem man so lange feuert, bis die dicke, schaumige Masse sich entzündet. Die in ihr enthaltenen organischen Substanzen verbrennen dann mit einer solchen lebhaften Flamme, daß man damit fast die ganze Abdampfung der alkalischen Laugen bestreiten kann. Verzichtet man hierauf, so steigt die Temperatur des Heerdes und des darüber gespannten Gewölbes häufig so, daß nicht allein die Pottasche zu einer schwer auszulaugenden, steinigen Masse zusammen schmilzt, sondern auch ein nicht unbe-

trächtlicher Theil der Alkalisalze durch Verflüchtigung verloren geht. Auch leidet der Ofen sehr durch die Einwirkung der schmelzenden Masse auf die Ziegel.

Durch Anwendung eines hohen Gewölbes, so wie durch reichliche Zuführung von Luft können indessen diese Uebelstände so weit vermieden werden, daß eine nur schwach gesinterte, poröse Masse zurückbleibt. Sie wird in blecherne oder mit Cement gemauerte Auslaugegefäße gegeben, in denen sie systematisch mit Wasser erschöpft wird. Man erzielt so Lösungen von 20 bis 27° B., auch wohl noch stärkere, die nun in eisenblechernen niedrigen Pfannen bis auf 45° B. abgedampft werden. Läßt man sie dann in größeren Reservoiren erkalten, so setzt sich schwefelsaures Kali und Chlorkalium in ziemlich bedeutenden Mengen ab. Man kann diese beiden Salze, falls es gewünscht werden sollte, leicht durch Behandlung mit wenig kaltem Wasser trennen, in dem sich fast nur Chlorkalium auflöst.

Die Ausscheidung dieser Salze ist deshalb nicht zu umgehen, weil sich sonst beim weiteren Eindampfen feste Krusten von schwefelsaurem Kali am Boden der Pfanne absetzen würden.

Die rückständige Lauge wird in einigen Fabriken noch einer zweiten Kristallisation unterworfen, nachdem sie auf 50° B. gebracht worden ist.

Es schießt dann ein Doppelsalz von kohlensaurem Kali und kohlensaurem Natron an, das, für sich erhitzt, in seinem Kristallwasser schmilzt und einfach gewässertes kohlensaures Natron als kristallinisches Pulver absetzt. Die rückständige Lauge ist fast frei davon.

Wo indessen der etwa 10% betragende Gehalt an kohlensaurem Natron nichts schadet, dampft man die Lauge direct zur Trockne ein, natürlich unter beständigem Umrühren, und calcinirt die feuchte bröckliche Masse in einem dritten kleinen Flammofen unter vorsichtiger Leitung des Feuers, bis sie vollständig weiß gebrannt ist.

Man erzielt so eine vortreffliche, höchst gehaltreiche Pottasche, die keiner Sorte des Handels nachsteht.

Die Analyse, angestellt mit einer Probe aus der Fabrik zu Polnisch-Weistritz (Schlesien) ergab:

Kohlensaures Kali . . .	85%
Kohlensaures Natron . .	10%
Fremde Salze	5%
	100%

Sehr interessant ist es, daß in dieser Melassenpottasche Jod in nicht unbeträchtlichen Mengen aufgefunden worden ist. Meine eigenen Beobachtungen haben besonders in dem Absatze von Chlorkalium und schwefelsaurem Kali reichliche Mengen von gelben Blutlaugensalz nachgewiesen, während die Pottasche selbst nicht unbedeutende Mengen von Schwefelcyankalium enthält. Dieser Gehalt an Cyankalium und dessen Derivaten darf bei dem starken Stickstoffgehalt der der Schlempe beigemengten Hefe nicht auffallen. Von diesem Cyankalium schreibt sich auch die starke Ammoniakentwickelung, wenn die kohlige Masse mit Wasser angefeuchtet wird oder längere Zeit an der Luft liegt. In den Aufbewahrungsräumen ist der Ammoniakgeruch wahrhaft unerträglich. Neben dem Ammoniak wird natürlich Ameisensäure gebildet.

Die gereinigte Pottasche des Handels wird aus der käuflichen Pottasche durch einfaches Ausziehen mit kaltem Wasser erhalten.

Es löst sich überwiegend kohlensaures Kali auf, das durch Abdampfen zur Oelconsistenz in Kristallen gewonnen werden kann.

Auch kann man die Pottasche vollständig in kochendem Wasser auflösen und durch vorsichtiges Eindampfen das schwefelsaure Kali und Chlorkalium fast vollständig entfernen, ganz ähnlich wie oben bei der Melassenpottasche angegeben.

Absolut rein erhält man das kohlensaure Kali nur durch Verkohlen von reinem Weinstein, Ausziehen der erhaltenen Kohle und Eindampfen in einer Silberschaale. Aus Porcellan oder Glas würde Kieselsäure aufgenommen werden.

Besser noch ist es, kristallisirtes doppeltkohlensaures Kali durch Glühen seiner Kohlensäure zur Hälfte zu berauben. Dieses doppeltkohlensaure Kali wird übrigens ganz auf dieselbe Weise bereitet wie das analoge Natronsalz, nur daß statt fester Kristalle eine starke Auflösung von Pottasche angewendet wird.

Alkalimetrie. In den käuflichen Alkalien ist es besonders der Gehalt an Kali und Natron, so weit sie an Kohlensäure oder Wasser gebunden sind, welcher für den Käufer von Wichtigkeit ist und bezahlt wird.

Wegen der verschiedenen Feuchtigkeitsgrade, sowie wegen der Beimengung von neutralen Salzen wird es nöthig, diesen sogenannten alkalimetrischen Titre beim Ankauf durch einen Versuch auszumitteln.

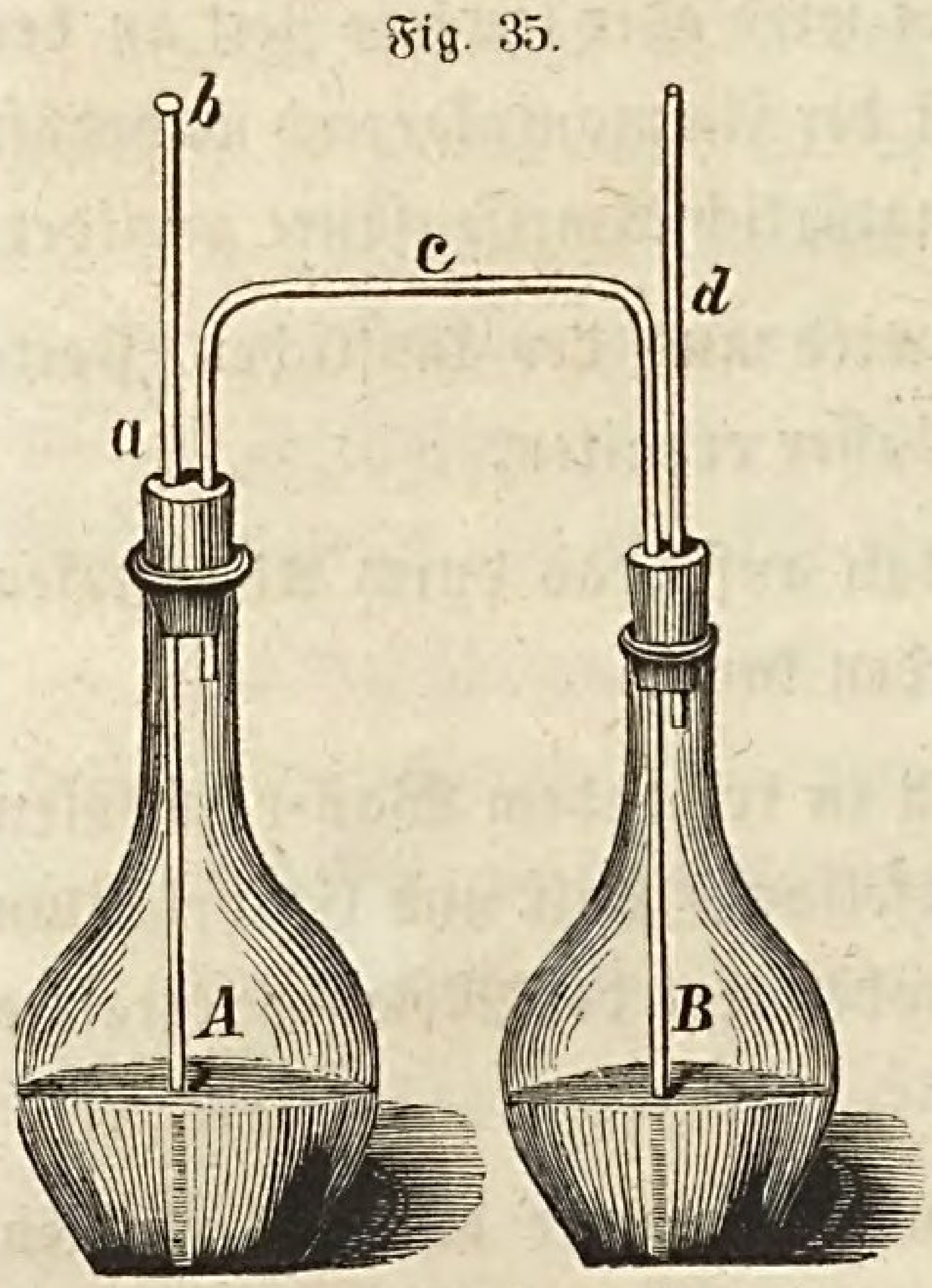
Man bedient sich hierzu im Wesentlichen folgender zwei Methoden:

1) Nach Will und Fresenius:

Man ermittelt die Menge Kohlensäure, welche durch Mischen mit einer stärkeren Säure ausgetrieben wird, durch den Gewichtsverlust. Am einfachsten benutzt man dazu folgenden Apparat.

A und B sind zwei kleine leichte Glaskölbchen, die mit passenden Korken verschlossen werden. Die Verbindung durch Glasröhren ergiebt sich aus der Zeichnung. In das Fläschchen A bringt man eine Menge des zu untersuchenden Salzes, die, wenn es vollkommen rein wäre, 1,000 Gr. Kohlensäure entwickeln würde, also 2,418 Gr. Soda oder 3,148 Gr. Pottasche, und setzt dann Wasser bis zur Auflösung zu.

Fig. 35.



Apparat von Will und Fresenius.

In das Kölbchen B wird conc. Schwefelsäure gegossen, die Stopfen aufgesetzt, das Röhrchen a durch einen Wachsstopfen b verschlossen und das Gewicht des ganzen Apparates bestimmt.

Ist dies geschehen, so saugt man einige Blasen Luft aus, wodurch nun beim Nachlassen des Saugens einige Tropfen Schwefelsäure durch c zurücksteigen. Sobald diese nach A gelangen, beginnt ein lebhaftes Aufbrausen; die entwickelte Kohlensäure muß durch die conc. Schwefelsäure in B treten, wodurch sie vollständig getrocknet wird und rein entweicht.

Das Ansaugen und Zurücksteigenlassen wiederholt man so lange, bis das Aufbrausen aufhört, worauf man, um den Rest Kohlensäure aus der Flüssigkeit auszutreiben, eine größere Menge Schwefelsäure auf einmal übertreten läßt.

Die Flüssigkeit in A erwärmt sich dadurch bedeutend und man braucht dann nur durch Abnehmen des Wachsstopfens und vorsichtiges Saugen am Röhrchen d die Kohlensäure durch Luft zu ersetzen, um nach dem Abkühlen, durch eine einfache Wägung, die Menge der weggegangenen Kohlensäure zu ermitteln.

Je 10 Milligramme entsprechen bei der Anwendung obiger Zahlen 1 % an kohlensaurem Kali oder Natron, falls nämlich weder saure kohlensaure Salze, noch auch die Hydrate des Alkalis vorhanden waren.

Durch einfaches Glühen kann man die ersteren, durch Glühen mit kohlensaurem Ammoniak auch die letzteren in neutrale kohlensaure Salze verwandeln.

2) Maaßanalytische Bestimmung nach Descroizilles.

Anstatt die Kohlensäure zu wiegen, die durch überschüssige Schwefelsäure ausgetrieben wird, fügt man nur so viel Säure zu, als zur genauen Neutralisation nöthig ist. Man erkennt diesen Punkt durch die Farbenänderung des Lackmus; die Menge der verbrauchten Säure und damit die Menge des Alkali's ermittelt man aus dem von ersterem verbrauchten Volumen, indem man eine verdünnte Säure anwendet, deren Gehalt in einem bestimmten Volumen man vorher durch Analyse oder Synthese ermittelt hat.

Was zuerst die Bereitung dieser sogenannten Normalsäure anbelangt, so ist es am zweckmäßigsten, wenn man 49 Gr. (oder 1 Aeq.) reines Schwefelsäurehydrat, das man durch Destillation der käuflichen Säure und gesondertes Auffangen etwa des zweiten Drittels des Destillats erhält, zu 1 Liter mit Wasser verdünnt. 100 C. Centimeter davon, die 4,9 Gr. Schwefelsäurehydrat enthalten, genügen um

3,12	Gr.	reines	Natron
4,72	=	=	Kali
5,32	=	=	kohlensaures Natron
6,92	=	=	kohlensaures Kali

vollständig zu sättigen.

Man wird wohl thun, sich durch Prüfung mit 5,32 Gr. reinen kohlensauren Natron's von dem richtigen Gehalt an Säure zu überzeugen.

Will ich dann z. B. eine Pottasche auf ihren procentischen Gehalt an Kali prüfen, so wiege ich 4,72 Gr. ab und die verbrauchten C. Centimeter an Säure entsprechen dann den Procenten an Kali; wiege ich dagegen 6,92 Gr. ab, so entsprechen sie den Procenten an kohlensaurem Kali.

Das practische Verfahren ist nun Folgendes:

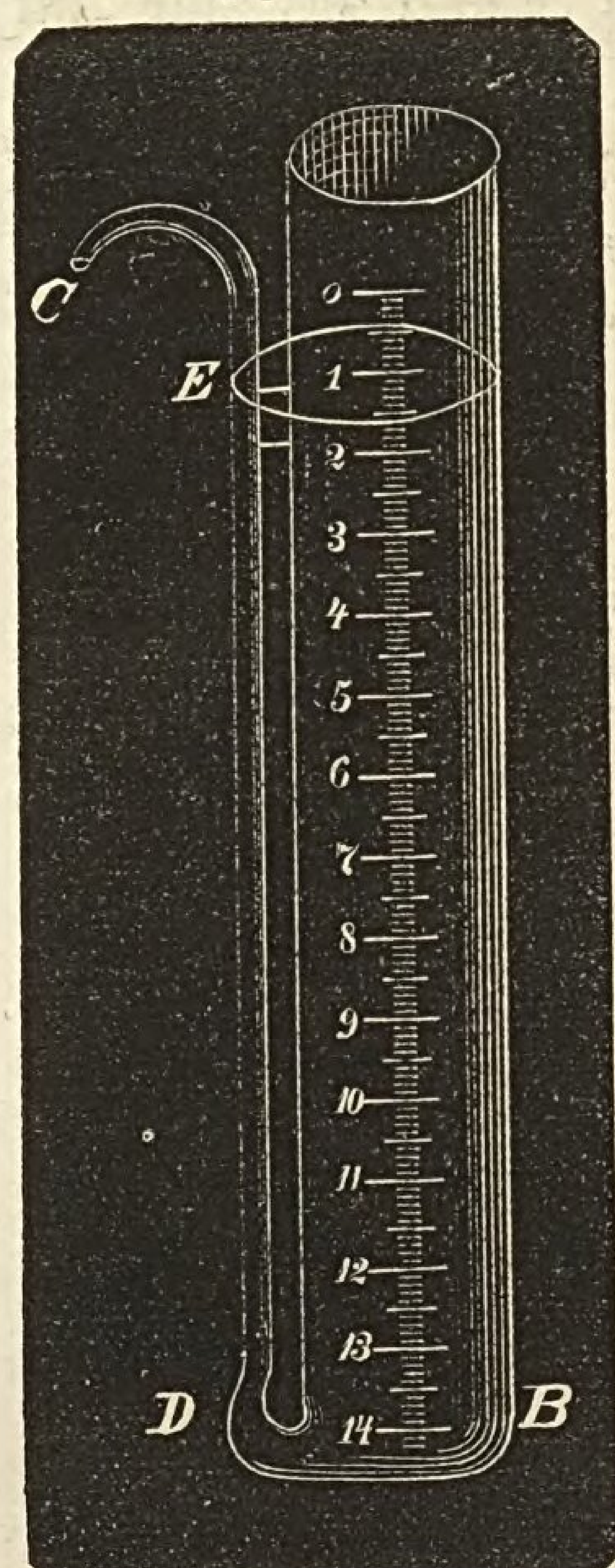
Von der erwähnten mittleren Probe wiege ich je nach der Natur des Alkalis die oben angegebenen Gewichtsmengen, am besten verzehnfacht, ab.

Im letzteren Falle, der um der größeren Genauigkeit willen immer zu empfehlen ist, falls es nicht an Material mangelt, löse ich diese Mengen in einem Gefäß, das 500 C. C. enthält, auf und nehme davon 50 C. C., also $^1/_{10}$ oder das richtige Gewicht. Diese Auflösung wird in ein Becherglas gebracht und mit einigen Tropfen Lakmustinctur versetzt.

Daneben stellt man ein ganz ähnliches Glas mit reinem Wasser und ebenso viel Lakmustinctur, das durch 1 Tropfen Schwefelsäure zwiebelroth gefärbt ist, zur Vergleichung. Nun fügt man aus einem graduirten Meßcylinder oder Burette (siehe umstehende Zeichnungen) die Normalschwefel-

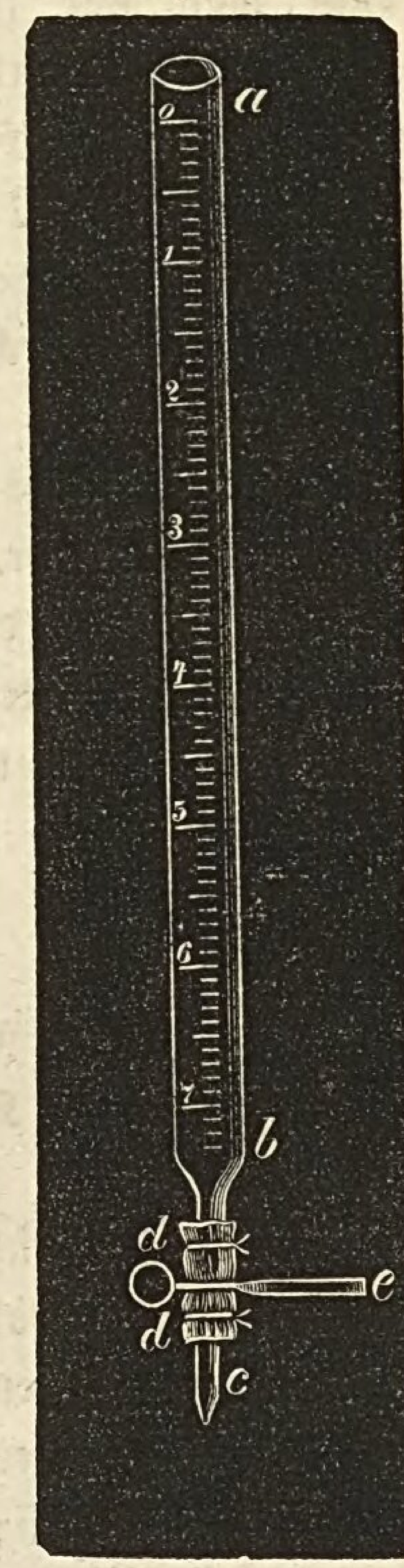
säure so lange unter Umrühren zu, bis die Farbe erst ins Weinrothe und dann ins Zwiebelrothe übergeht.

Fig. 36 a.



Gay-Lussac's Bürette.
AB Weites getheiltes Rohr,
CD engeres Ausflußrohr,
E Drath, der dasselbe festhält.

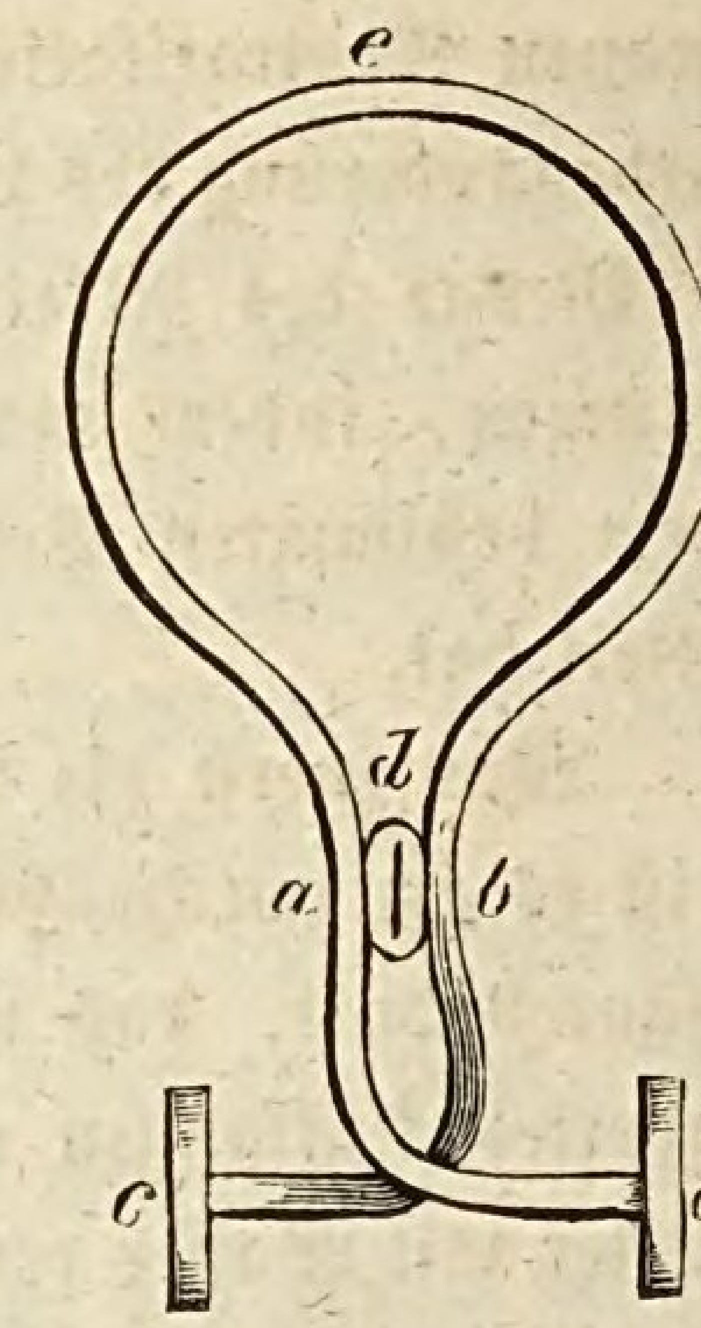
Fig. 36 b.



Quetschhahnburette, nach Dr. Mohr.

ab Graduirte Röhre.
c Enges Ausflußröhrchen.
dd Das beide Theile verbindende Kautschoukröhrchen. e Quetschhahn.
s. Fig. 35 c.

Fig. 36 c.



Mohr'scher Quetschhahn. in natürlicher Größe.

abe, ein gehämmerter Messingdrathbügel, dessen Schenkel a, durch den gabelförmig getheilten Schenkel b hindurch geht. cc Messing-Plättchen, durch deren Näherung die Schenkel sich von einander entfernen. d Das zwischen beiden Schenkeln durch die natürliche Elasticität des Bügels eingeklemmte und hermetisch verschlossene Kautschoukröhrchen.

Ob die Röthung durch Kohlensäure oder schon durch überschüssige Schwefelsäure hervorgebracht ist, ersieht man am einfachsten, indem man mit der Lösung einen Strich auf einen Streifen blaues Lackmuspapier macht. Wird dasselbe dadurch bleibend roth, so ist die Sättigung schon überschritten.

Diese Methode ist sehr genau und schnell auszuführen. Sie bietet den Vortheil, daß man auch kaustisches und saures kohlensaures Alkali ohne weitere Vorbereitung auf diesem Wege untersuchen kann.

Daß man auf diese wie auf die vorige Weise auch den Gehalt der käuflichen Salzsäure, Schwefelsäure rc. rc. finden kann, indem man die Methode nur umkehrt, begreift sich leicht. Indessen ist diese sogenannte Acidimetrie verhältnißmäßig wenig im Gebrauch, da der Techniker den Gehalt dieser flüssigen Säuren hinreichend genau aus dem spec. Gewicht ermitteln kann.

Sechstes Kapitel.

Salpeter; Salpetersäure.

In vielen technischen Operationen spielt der chemische Proceß der Oxydation eine Hauptrolle.

Wenn nun auch vorwaltend der Sauerstoff der Luft hierzu direct in Anspruch genommen wird, z. B. zum Rösten der Schwefelmetalle, zur Oxydation des Alkohols zu Essig, so ist doch in einzelnen Fällen nothwendig, denselben in loser gebundener Form anzuwenden, besonders weil auf diesem Wege die Oxydation bedeutend energischer vor sich geht.

Zu diesen Sauerstoffträgern gehört besonders der Braunstein, die Chromsäure, die Chlorsäure und endlich die Salpetersäure und ihre Salze.

Die Salpetersäure, NO^5, enthält im reinsten Zustande 63,5% Sauerstoff. Man ersieht hieraus, welches mächtige Oxydationsmittel sich uns hier bietet, zumal der Stoff, an welchen der Sauerstoff gebunden ist, der Stickstoff, einer von den Körpern ist, die mit der geringsten Affinität zu anderen Elementen begabt sind. Dem entsprechend ist aber auch die Verbindung desselben mit dem Sauerstoff nur schwierig zu bewirken.

Während z. B. Schwefel auf das leichteste an der Luft zu schwefliger Säure verbrennt, gelingt es nur sehr schwer, aus den Bestandtheilen der Atmosphäre, Stickstoff und Sauerstoff, Salpetersäure zu erzeugen.

Cavendish hat im Kleinen durch mehrere tausend starke electrische Funken, welche er durch ein abgesperrtes Luftvolumen schlagen ließ, Salpetersäure in geringer Menge erzeugt und damit die Erklärung einer erst viel später beobachteten Erscheinung, nämlich des Vorkommens von salpetersaurem Ammoniak im Gewitterregen, im Voraus geliefert.

Die von den Landwirthen behauptete besondere Fruchtbarkeit der Gewitterregen beruht indessen wohl weniger auf der kleinen Menge der erzeugten Salpetersäure als auf der großen Menge kohlensauren Ammoniaks, welches, durch die vorhergehende hohe Temperatur und Trockenheit verdunstet, durch den Regen dem Boden wieder zugeführt wird. Auch wenn ein Gemenge von Luft und Wasserstoff durch den electrischen Funken entzündet wird, entsteht eine kleine Menge Salpetersäure, die mit dem zum Absperren verwendeten Quecksilber weiße Kristallnadeln von salpetersaurem Quecksilberoxydul bildet.

Soll daher bei eudiometrischen Versuchen kein Verlust an Stickgas eintreten, so muß man durch Zumengen einer größern Wasserstoffmenge die Entzündungstemperatur zu mäßigen suchen.

Ungemein viel leichter erfolgt die Bildung der Salpetersäure aus Stickstoffverbindungen und Sauerstoff.

Das Hauptmaterial für diesen Proceß, wie überhaupt für die Bildung aller stickstoffhaltigen Verbindungen, auch der organischen, ist das Ammoniak, NH^3, die Verbindung von 1 Aeq. Stickstoff und 3 Aeq. Wasserstoff. Wird Ammoniakgas mit Sauerstoffgas oder Luft gemengt über schwach glühenden Platinschwamm geleitet, so wird es fast vollständig in Untersalpetersäure umgewandelt.

Noch einfacher wird der Versuch, wenn man auch den Sauerstoff im gebundenen Zustande anwendet.

Schwefelsaures Ammoniak, mit Braunstein und Schwefelsäure destillirt, giebt so beträchtliche Mengen Salpetersäure, daß Kuhlmann, dem wir diese interessanten Untersuchungen verdanken, der Meinung ist, man könne im Falle einer Continentalsperre den ostindischen Salpeter auf diesem Wege entbehrlich machen.

Eben so leicht ist auch die Rückverwandlung der Salpetersäure durch reducirende Substanzen in Ammoniak, und hierauf basirt der erwähnte Chemiker eine ganz eigenthümliche Düngertheorie.

Er nimmt an, daß das kohlensaure Ammoniak, das sich als Verwesungsproduct des Düngers bildet, anstatt bei trockner Witterung sogleich zu entweichen, sich in den oberen porösen Schichten des Bodens in salpetersaure Salze verwandle, die, in die untern Bodenschichten bei eintretendem Regen versinkend, durch die reducirende Einwirkung der Fäulniß wieder zu Ammoniak und so von den Pflanzen aufgenommen würden.

Sehr interessant ist es, daß auch der thierische Organismus die Fähigkeit besitzt, die Ammoniaksalze zu Salpetersäure zu oxydiren, die natürlich in Verbindung mit Basen durch den Harn ausgeschieden wird.

Alles dies sind nur Vorversuche, um den Weg, auf dem die Natur die Salpeterbildung betreibt, auszumitteln.

Unsere, trotz vieler Versuche der ausgezeichnetsten Chemiker immer noch unvollkommenen Daten hierüber sind nunmehr folgende:

Zur Bildung der Salpetersäure sind nöthig:

a. Ammoniak.
b. Freier Zutritt der atmosphärischen Luft.
c. Alkalische Basen.
d. Feuchtigkeit.
e. Eine Temperatur von 15° bis 20° C.
f. Endlich Gegenwart poröser Körper, die durch ihre Flächenanziehung die Verbindung fördernd, wirken.

Accidentell tritt noch die Gegenwart sich zerlegender organischer Substanzen und die Bestrahlung durch das Sonnenlicht hinzu.

Dieser Proceß, durch den die Natur so ungemein große Mengen Salpeter jährlich producirt, auf synthetischem Wege im Laboratorium nachzuahmen, ist wegen des sehr langsamen Verlaufes desselben nur ausnahmsweise gelungen. Indessen glückte es doch Fontanelle, in einem Gemenge von Granitsand, Kalkschutt und thierischen Excrementen, das mehrere Jahre gelagert, Salpeter in reichlicher Menge (4—8%) nachzuweisen, während keine Spur sich bildete, als er den Aetzkalk und die thierischen Substanzen wegließ und bloß mit destillirtem Wasser befeuchtete.

Martigny fand, daß Ammoniak mit Luft über Kalkmilch abgesperrt, nach sechs Wochen in Salpetersäure verwandelt war.

Ausgewaschene Kreide, die keine Spur Salpetersäure geliefert hatte, gab deren eine reichliche Menge, nachdem sie einige Zeit in einem geflochtenen Korbe über faulendem Blut aufgehangen worden war. Nach diesen Versuchen bildet sich demnach die Salpetersäure in der Natur durch Oxydation des Ammoniaks unter dem prädisponirenden Einflusse der Alkalien.

Das Ammoniak hat nicht allein den Stickstoff zu liefern, sondern es kann auch die Rolle eines Alkalis übernehmen, wie das häufige Vorkommen von salpetersaurem Ammoniak in den Salpeterrohlaugen beweist.

Es ist um so wichtiger, wenn außer ihm nur alkalische Erden in Verbindung mit Kohlensäure vorhanden sind. Mit diesen zerlegt sich das ge-

bildete salpetersaure Ammoniak sehr leicht in salpetersaure Erden und kohlensaures Ammoniak, das von Neuem als Alkali fungirt.

Die Porosität des Bodens ist besonders vortheilhaft, indem dadurch das Ammoniak, vielleicht auch der Sauerstoff, condensirt wird und jedenfalls wenigstens der freie ungestörte Luftzutritt gesichert ist. Wärme und Feuchtigkeit sind bei allen diesen langsamen Verbrennungen von Wichtigkeit; die Gegenwart faulender Substanzen wirkt analog den Buchenholzspähnen bei der Essigbereitung, die, selbst in einer langsamen Verwesung begriffen, diese auch dem durchgehenden, verdünnten Alkohol mittheilen. Der Zutritt des Lichtes erhöht meistentheils die oxydirende Wirkung des Sauerstoffs. Das scheinbare Fehlen einzelner dieser Bedingungen an den verschiedenen Productionsstätten der salpetersauren Salze läßt sich noch leichter erklären, als der Umstand, daß nicht noch häufiger sich an den Stellen, wo sie alle vorhanden sind, Salpeter bildet. Vielleicht, daß man ihn nur noch nicht überall aufgesucht hat und daß nur da, wo er durch günstiges Zusammentreffen der Umstände in größerer Menge erzeugt wird, das Augenmerk auf ihn gefallen ist.

Die Zahl der Orte, wo sich ohne weiteres Zuthun der Menschen salpetersaure Salze bilden, ist besonders in den heißen Klimaten ziemlich groß.

In der Wüste Atacama, welche die Grenze von Peru und Chili bildet, in der Nähe des Hafens Iquique, finden sich Schichten von fast reinem salpetersaurem Natron, die bei einer Mächtigkeit von 2 bis 3 Fuß sich über 30 Meilen weit erstrecken.

Für diese wegen des vollständigen Regenmangels aufs äußerste wüste Gegend bieten sie einen fast unerschöpflichen Schatz. Die ganze Industrie Europas ist mittelbar an der Wohlfeilheit der Salpetersäure interessirt und muß dem unbekannten Entdecker derselben aufs höchste dankbar sein.

Die Schichten folgen dem Rande eines ausgetrockneten Beckens, dessen Boden mit Kochsalz bedeckt ist. Man wird hierdurch versucht, an eine Meerlagune zu denken, welche, durch eine plötzliche vulcanische Eruption gehoben und vom Weltmeere abgeschnitten, nun vertrocknet ist. Vielleicht daß die verwesenden Thierreste das Material zur Bildung der Salpetersäure darboten.

Dieses rohe Salz wird an Ort und Stelle durch Auflösen und Umkristallisiren gereinigt und dann durch Maulthiere nach dem Hafen transportirt. Zum Heizen dienen englische Steinkohlen. Durch Anlegung einer kurzen Eisenbahnstrecke, sowie durch den Export des rohen Salzes würde sich der Preis noch bedeutend billiger stellen. Diese Eisenbahnstrecke reiht

sich in Beziehung auf ihre Wichtigkeit und Nothwendigkeit den großen Straßen über die Landengen von Suez und Panama an.

Das salpetersaure Natron enthält an 10% mehr Salpetersäure als der Kalisalpeter und wird demselben bei allen den Operationen vorgezogen, wo nicht seine Zerfließlichkeit hindernd in den Weg tritt. Zur Schießpulverfabrication ist es selbst nach vollständiger Reinigung nicht zu verwenden, weil dasselbe, mit Natronsalpeter bereitet, viel weniger heftig explodirt.

Der Kalisalpeter findet sich nirgends so massenhaft, (wie dies überhaupt bei den Kalisalzen im Gegensatz zu den Natronsalzen der Fall zu sein scheint), dafür aber über sehr verschiedene Gegenden unseres Erdballes, besonders in den Tropenzonen verbreitet.

Die bei weitem größte Menge desselben kommt aus Ostindien. In der Umgegend von Patna, in dem angeschwemmten Lande des Ganges, scheint der üppige Boden durchweg mit einer schwachen Lösung von salpetersauren Salzen durchtränkt zu sein.

Indem die intensive Sonnenhitze diese Lösung an der Oberfläche verdunstet, dringt durch Haarröhrchenkraft neue nach, und so bilden sich endlich an der Oberfläche Kristallauswitterungen, die nach oberflächlichem Aufkratzen der Erde mit dem Pfluge eingesammelt werden. Durch Auslaugen und Eindampfen erhält man eine reichliche Kristallisation von Kalisalpeter.

Eine gleiche Gewinnung von Salpeter findet in Aegypten auf künstlich aufgeworfenen Bergen von Nilschlamm statt (nach einer Mittheilung eines Reisegefährten des Prof. Lepsius). Aus einer Analyse des Nilschlamms ist aber bekannt, daß er ungemein reich an löslichen Kalisalzen und stickstoffhaltigen Substanzen ist, ein Umstand, der seine Fruchtbarkeit und zugleich seine Tauglichkeit zur Salpeterbildung erklärt. Die weiten Marschebenen Ungarns, in der Nähe von Debreczyn, produciren neben großen Mengen von Taback auch große Quantitäten von Kalisalpeter.

Der Taback ist eine Pflanze, die nicht allein sehr stickstoffhaltig ist, sondern auch 10% Asche enthält, deren größter Theil aus Kalisalzen besteht. In manchen sehr fetten Tabacken kommt sogar Salpeter im Safte vor. Runkelrüben, in dieser Gegend gebaut, gaben einen ganz geschmacklosen Zucker, welcher beim Erhitzen verpuffte und 20—30% Kalisalpeter enthielt.

Die erwähnten Productionsorte zeichnen sich in doppelter Weise aus, indem sie nicht allein Salpetersäure in Menge produciren, sondern auch unter ihren Bodenbestandtheilen so viel Kali enthalten, daß ein großer Theil als Kalisalpeter unmittelbar durch Kristallisation gewonnen werden kann.

An andern Orten wird zwar Salpetersäure producirt, dieselbe ist aber mit andern Basen, wie Kalk, Magnesia, Ammoniak zu unkristallisirbaren Salzen vereinigt, die daher erst durch Zufügen von Kalisalzen brauchbar gemacht werden können. Als besonders interessant sind an dieser Stelle die Salpeterhöhlen in Ceylon zu erwähnen. Dieselben bestehen aus einem porösen Dolomit, der fein vertheilten Feldspath eingesprengt enthält und durch Tagewässer einigermaßen feucht gehalten wird.

In einigen dieser Höhlen finden sich große Massen von Fledermäusen und von Excrementen derselben, die in andern indessen vollständig fehlen. Hier muß man annehmen, daß der reiche Ammoniakgehalt der Tropenatmosphäre das Material zur Salpeterbildung liefert. Daß hier das Licht ziemlich vollständig abgeschlossen ist, beweist, daß dasselbe zur Salpetersäurebildung nicht absolut nothwendig ist.

Das innen abgelöste Gestein wird zerschlagen, mit Holzasche gemischt und ausgelaugt. Die erhaltene Lauge wird anfangs durch die Sonnenhitze, dann über freiem Feuer zur Kristallisation verdampft.

Von einem unrichtigen Finanzgrundsatze, daß das Geld im Lande bleiben müsse, geleitet, so wie von der Furcht bewegt, bei einer Blokade von dem überseeischen Salpeter vollständig abgeschnitten zu sein, haben verschiedene Regierungen des Continents alle Mittel in Bewegung gesetzt, um Salpeter im eigenen Lande zu gewinnen.*) Einmal wurden alle zu-

*) Ich kann mir nicht versagen, an dieser Stelle auf die Unzweckmäßigkeit solcher sogenannten Salpeterplantagen hinzuweisen.

Thierische, stickstoffhaltige Stoffe sind die wichtigsten Düngemittel, die mächtigsten Hülfsmittel für die Agricultur. Kaum weniger hoch steht das Kali, dieser zweite Bestandtheil des Salpeters im Werthe.

Um nunmehr eine kleine Quantität Salpeter zu gewinnen und dadurch sich, wie man meint, von einer Zahlung an das Ausland zu emancipiren, verschwendete man diese kostbaren Stoffe auf eine wahrhaft unverantwortliche Weise. Höchstens $^1/_{10}$ des entwickelten Ammoniaks wurde in Salpetersäure übergeführt, $^9/_{10}$ gingen aber verloren; die sonst bei rationeller Behandlung des Düngers vollständig in Getreide, in Fleisch ꝛc. umgewandelt worden wären.

Seien wir doch froh, daß die tropischen Länder einen solchen Ueberfluß an Düngerbestandtheilen haben, daß sie uns dieselben in der concentrirten Form des Salpeters zuführen müssen, um dieselben nur zu verwerthen.

Der beste Beweis für dieses Raisonnement ist die täglich steigende Verwendung des Chilisalpeters zum Düngen.

fälligen Salpeterquellen sorgfältig ausgebeutet und oft durch sehr drückende und chicanöse Gesetzbestimmungen zu schützen gesucht.

Da in den Ställen die durch den Harn der Thiere getränkte Erde, in den großen Städten die mit Rinnsteinunrath befeuchteten Theile des Mauerputzes einen Gehalt an salpetersauren Salzen gezeigt hatten, so erhielten die Salpetersieder in Frankreich das Recht, diese Materialien, die sogenannte Gayerde, einzusammeln, wo sie dieselbe fänden, und übten dasselbe, natürlich oft zum Nachtheile der Gebäude, auf das Schonungsloseste.

In Schweden muß heut zu Tage noch der Landmann einen Theil seiner Abgaben in Salpeter entrichten, und es finden sich daher dort auf den Landgütern in kleinen Schuppen ordentliche Salpeterplantagen, wie sie unten im Detail beschrieben werden sollen. In Bern werden häufig Viehställe, die auf Bergabhängen derart erbaut sind, daß der Boden des Stalles theilweise hohl liegt, dadurch auf Salpeter benutzt, daß man kalkhaltige Erde in den dadurch gebildeten hohlen Raum bringt, welche, indem sie den Harn auffängt, sich allmälig mit Salpeter beladet.

Endlich hat man früher auch eigene Salpeterplantagen angelegt, meist auf Regierungskosten. Man verschaffte sich zu diesem Ende zuerst sogenannte Muttererde aus Ställen, Schlächtereien ꝛc., oder errichtete eigene Faulhaufen aus stickstoffhaltigen Pflanzen und thierischen Theilen, aus Unkraut, Pilzen, Wermuth, Tabackstengeln, Blut, Fleisch, Gerbereiabfällen, die mit etwas Erde gemengt wurden und beförderte ihre Verrottung durch Aufgießen von Mistjauche, Blut ꝛc. Bei dem längeren Liegen, das zu einem vollständigen Verrotten nöthig, war ein großer Verlust von Ammoniak nicht zu vermeiden. Nachdem die Masse durchaus gleichmäßig zerfallen, wurde sie mit alkalischen Basen, Mauerschutt, Mergel, ausgelaugter Asche gemengt und nun zur Oxydation in spitzen Haufen, besser noch zu steildossirten Mauern aufgeschichtet, die zur Verhütung des Auslaugens durch den Regen mit einem leichten Dache bedeckt wurden. Fehlt dasselbe, so muß wenigstens der Boden undurchdringlich für Wasser und nach einem Punkte hin geneigt sein, damit die erhaltene schwache Salpeterlösung immer wieder aufgesammelt und zurückgegossen werden kann. Durch Einlegen von Strauchwerk, Stroh ꝛc. erhält man die nöthige Porosität. Die Mauern werden am besten senkrecht auf die vorherrschende Windrichtung gestellt, und die Windseite, wo die Salzbildung besonders stattfindet, senkrecht gemacht, während die Leeseite mehrere terrassenförmige Absätze bildet, die mit schmalen Längsrinnen versehen sind. Man hält die Haufen durch Begießen mit Jauche oder mit dem abgelaufenen Regenwasser mäßig feucht. Nach ungefähr 3 Jahren ist

die Salpeterbildung so weit fortgeschritten, daß die Auslaugung lohnend wird, was geübte Arbeiter an dem Geschmack einer kleinen Erdprobe erkennen, der schon bei einem Gehalte von etwa 3 bis 4 % Salpeter stark genug hervortritt.

Um die auszulaugenden Massen nach Möglichkeit zu reduciren, bedient man sich folgenden Handgriffes.

Man läßt die Haufen einige Zeit ganz unberührt stehen, wo nun die Feuchtigkeit von innen nach der Oberfläche dringt, dort verdunstet und den Salpeter absetzt. Bei den Mauern findet dieser Vorgang schon während der Salpeterbildung statt, indem die Feuchtigkeit hier nur auf der Windseite verdunstet, während die Leeseite immer feucht gehalten wird. Bei diesen wird nur zuletzt statt der Jauche reines Wasser aufgegossen, um die Lauge nicht zu sehr mit organischen Theilen zu verunreinigen. Zeigen sich endlich auf der trocknen Seite kristallinische Auswitterungen, so kratzt man die salpeterreiche Schicht mit Scharren ab und fügt am hinteren Theile ebensoviel ausgelaugte Erde an, daß die Dicke und Form der Mauern unverändert bleibt, und sie nur allmälig nach hinten rücken.

Die gewonnene Masse wird unter Schuppen bis zur Auslaugung aufbewahrt.

Dieselbe wird in mühlrumpfförmigen Bottichen vorgenommen, und zwar systematisch in der Art, daß die durch mehrmaliges Aufgießen frischen Wassers erhaltene schwache Lauge so lange auf frische Erde aufgegeben wird, bis sie ungefähr 15 % Salpeter enthält.

Man pflegt die Erde nicht vollständig, höchstens bis auf 1 % auszulaugen, weil diese Erde dann zur erneuerten Salpeterbildung sich besser eignen soll.

Ueberblicken wir den Proceß bis hierher, so bemerken wir, daß die sogenannten Komposthaufen auf ganz ähnliche Weise behandelt werden.

Verschiedene Versuche haben mir gezeigt, daß auch in diesen eine nicht unbeträchtliche Salpeterbildung stattfindet.

Die so erhaltene Rohlauge enthält wenig Kali- und Ammoniaksalpeter, dafür aber viel salpetersauren Kalk und salpetersaure Magnesia.

Man muß demnach hier, wie auch in verhältnißmäßig geringerem Grade beim ostindischem Rohsalpeter, diese Basen durch Kali ersetzen. Am einfachsten und vollständigsten geschieht dies durch kohlensaures Kali.

Fügen wir zu der Rohlauge eine hinreichende Menge einer concentrirten Pottaschenlösung, so fällt aller Kalk und alle Magnesia als kohlen-

saure Verbindungen zu Boden, während zur Zerlegung des salpetersauren Ammoniaks ein kleiner Ueberschuß von kohlensaurem Kali nöthig ist.

Man ermittelt die nöthige Menge durch einen Vorversuch und bringt dann die ganze Menge Pottasche auf einmal zu der Rohlauge, die man zweckmäßig vorher etwas erwärmt, damit der Niederschlag compacter ausfällt.

Im gleichen Maaße aber, wie die salpetersauren Salze, werden auch die Chlormetalle der Erden durch die Pottasche zerlegt; wir erhalten demnach eine große Menge Chlorkalium, welches einen bedeutend geringeren Werth, wie die Pottasche hat.

Bei Anwendung von schwefelsaurem Kali zur Zersetzung muß man die Lauge stärker (— 20%) concentriren, indem sonst der sich bildende Gyps in zu großer Menge aufgelöst bleibt. Die Magnesia, deren Sulphat löslich ist, wird alsdann durch Zufügen von Kalkmilch niedergeschlagen. Durch diese Fällung werden auch viele färbende Stoffe mit niedergerissen.

Das immer in großer Menge beim Raffiniren gewonnene Chlorkalium kommt auch als Product der Verarbeitung von Salinenmutterlaugen, als Glasgalle, als Seifensiederfluß in so großer Menge in den Handel, daß es als das wohlfeilste der Kalisalze betrachtet werden kann. Für sich ist es nicht zum Versetzen der Rohlaugen zu verwenden.

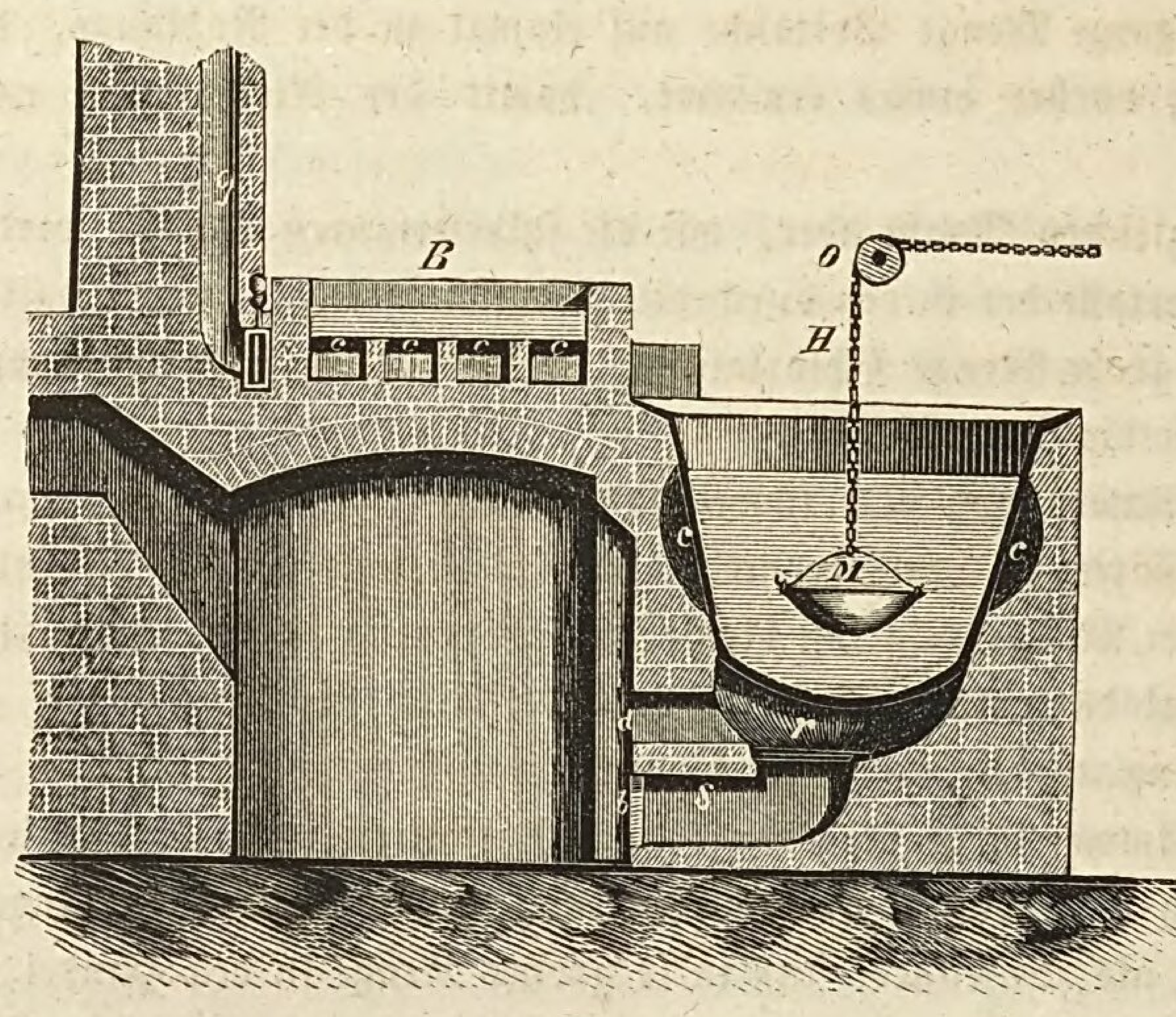
Bei den niedrigen Preisen des schwefelsauren Natrons indessen ist ein Gemisch von gleichen Aequivalenten dieser beiden Salze (1 Thl. Chlorkalium, 2 Thl. kristallisirtes Glaubersalz) in Anwendung gekommen, obwohl es wohl zweckmäßiger wäre, lieber durch Erhitzen mit Schwefelsäure direct schwefelsaures Kali zu erzeugen und so das lästige Kochsalz zu vermeiden, das sich bei Anwendung obigen Gemisches bildet. Die Bittererde wird wie oben durch Kalk gefällt und alsdann eine conc. Lösung des obigen Salzgemisches hinzugegeben. Die klare Lauge wird abgezogen und in einem conischen Kessel zur Kristallisation verdampft. (S. S. 198.)

Zur Ansammlung des Kochsalzes, so wie des Gypses und anderer erdiger Theile hängt man eine Schaale in den Kessel hinein, die mit feinen Löchern, wenigstens am Rande, versehen ist. Sie schwebt wenige Zolle über dem Boden des Kessels und, da in ihr eine verhältnißmäßige Ruhe herrscht, so werden die sich ausscheidenden festen Theilchen, durch das Aufwallen vom Boden immer wieder emporgerissen, sich in ihr ansammeln und endlich zu einem flachen Conus aufthürmen.

Man zieht alsdann die Schaale heraus, läßt sie über dem Kessel abtropfen nimmt mit einer Kelle die angehäuften Salze heraus und wirft

sie auf ein schwach nach dem Kessel zu geneigtes Blech, auf dem der letzte Rest von Salpeterlauge abzieht und in den Kessel zurückläuft.

Fig. 37.



H Salpeterkessel, M flache Schaale, r Feuerung, cc Züge, B Abdampfpfanne für Mutterlauge.

Ist die Lauge so weit concentrirt, daß ein Tropfen davon beim Erkalten reichliche Kristalle von Salpeter absetzt, so schöpft man sie in flache Kristallisationsgefäße und läßt ruhig erkalten.

Die erhaltenen Kristalle werden wie der indische Salpeter raffinirt. Nur selten wird die Raffination unmittelbar mit der Gewinnung des Rohsalpeters verbunden.

Der Rohsalpeter ist in sehr wechselnden Verhältnissen zusammengesetzt.

Er enthält im unverfälschten Zustande wenigstens 60 bis 70% Kalisalpeter, außerdem noch kleine Mengen von Chlormagnesium und Chlorcalcium, endlich Chlornatrium, organische Substanzen und Wasser.

Diese Bestandtheile sind entweder in Kristallen beigemengt, oder sie sind in den eigenthümlichen Höhlungen, welche sich zwischen den Lamellen der großen Salpeterkristalle befinden, als Mutterlauge eingeschlossen.

Aeußerlich vollständig abgetrockneter Salpeter erscheint daher nach dem Pulvern feucht, indem die eingeschlossene Flüssigkeit austritt. Diese Chlormetalle, welche meistens zerfließlich sind, müssen nun bis auf verschwindend kleine Spuren entfernt werden, wenigstens, wenn der Salpeter zur Schießpulverfabrikation verwendet werden soll.

Eine oft wiederholte langsame Kristallisation wirkt aus dem angeführten Grunde nur unvollständig, desto besser aber ein Verfahren, welches darauf hinarbeitet, möglichst kleine Kristalle zu erzielen. Die jetzt am meisten verfolgte Methode besteht in Folgendem.

a. Man löst den Salpeter in möglichst wenig kochendem Wasser, so daß die verunreinigenden Salze, welche meistentheils in kaltem und kochendem Wasser gleich löslich sind, entweder ungelöst zurückbleiben, oder wenigstens beim Erkalten nicht wieder herauskristallisiren.

b. Man läßt die Kristallisation rasch erfolgen, damit kleinere Kristalle entstehen, welche keine Mutterlauge einschließen können.

c. Endlich entfernt man den Rest der Lauge durch systematisches Waschen.

Wegen der wechselnden Zusammensetzung ist es von Wichtigkeit, beim Ankauf den Gehalt an reinem Salpeter auf eine einfache, expeditive Weise bestimmen zu können.

In Schweden, wo der Salpeter geschmolzen eingeliefert werden muß, benutzt man dazu die Eigenschaft desselben schon bei einer sehr geringen Einmengung von Kochsalz, seinen strahligkristallinischen Glanz in einen matten porcellanartigen Bruch umzuwandeln. Dieser Punkt ist indessen schon bei 3% Kochsalz erreicht und diese Probe daher für einen größern Gehalt unbrauchbar.

Die in Oesterreich übliche, sogenannte Kristallisationsmethode besteht darin, daß man eine bestimmte Quantität Rohsalpeter in einem bestimmten Volumen warmen Wassers auflöst und nun mit einem fein getheilten Thermometer beobachtet, bei welcher Temperatur sich die ersten Kristallnadeln zeigen. Eine aus vielfachen Versuchen berechnete Tabelle giebt aus diesen Temperaturgraden die Mengen an reinem Salpeter.

Diese Methode würde genau sein, wenn die Temperatur in der ganzen Masse dieselbe wäre. So aber bilden sich von der Oberfläche aus Kristalle, während das Thermometer noch eine höhere Temperatur anzeigt, als dem Kristallisationspunkte entspricht. Außerdem spielt hierbei vielleicht das Phänomen der Uebersättigung oftmals eine nicht unbedeutende Rolle.

Nach Riffault wird der Rohsalpeter zerrieben und mit reiner Salpeterlösung vollständig ausgewaschen. Hierdurch werden fast nur Chlormetalle gelöst, der reine Salpeter bleibt zurück und wird nach dem Trocknen gewogen. Die anhaftende Mutterlauge, die beigemengten unlöslichen Theile verlangen Correctionen, die durch die Erfahrung festgestellt sind.

Am sichersten und einfachsten ist die maaßanalytische Methode von Pelouze, wenn man nämlich blos die Salpetersäure bestimmen will, ohne auf den Umstand, daß sie allein an Kali gebunden ist, Gewicht zu legen.

Man versieht sich mit einem Glaskölbchen, das man durch einen durchbohrten Kork mit einem fein ausgezogenen Glasrohre verschließen kann. Hierein bringt man eine abgewogene Menge feinen Eisendraht, am besten 6 Aeq. oder 1,68 Gr. und löst ihn in starker Salzsäure unter lebhaftem Kochen, so daß die Dämpfe der Säure und das entwickelte Wasserstoffgas die Luft vollständig aus dem Apparate vertreiben.

Ist die Lösung erfolgt, so wird die abgewogene Menge des zu prüfenden Salpeters, (1 Aeq. Salpetersäure = 0,54 Gr.), hineingebracht, dessen freigemachte Säure nun auf das Eisenoxydul oxydirend einwirkt und zwar nach der Formel:

$$NO^5 + 6FeO = 3Fe^2O^3 + NO^2.$$

Das Stickoxyd entweicht und der Rückstand enthält, wenn die richtigen Verhältnisse angewendet sind, einen Rest Eisenoxydul neben dem gebildeten Eisenoxyd. Bestimme ich nun das erstere durch Zufügen einer titrirten Lösung von übermangansaurem Kali bis zur Röthung, so weiß ich aus der Differenz mit dem abgewogenen Eisen, wieviel Eisenoxyd durch die Salpetersäure gebildet, also auch nach obiger Formel, wie viel Salpetersäure vorhanden gewesen ist. Zur Prüfung des Rohsalpeters für sich, ist diese Methode deshalb nicht geeignet, da derselbe leicht mit salpetersaurem Natron verfälscht sein könnte. Wenn man indessen als Controlle noch das Riffault'sche Verfahren anwendet, so läßt obige Methode nichts zu wünschen übrig.

Um nun wieder zur Raffination zurück zu kehren, so werden z. B. 60 Centner Rohsalpeter mit 12 Centnern Wasser übergossen und in einem nach unten conisch zugehenden Kessel allmälig erwärmt.

In diesen 12 Centnern Wasser sind 48 Centner Salpeter bei Siedhitze vollständig löslich, indem 100 Theile Wasser bei dieser Temperatur 400 Theile Salpeter lösen. Beim Erkalten kristallisiren davon bei 18° C. 370 Theile heraus, und nur 30 Theile bleiben gelöst.

Von dem beigemengten Chlorkalium und Chlornatrium ist das erstere in der angegebenen Menge heißen Wassers vollständig auflöslich, während das letzte zum Theil ungelöst bleibt. Das Chlorkalium, welches in kaltem Wasser halb so löslich ist wie in heißem, wird vielleicht partiell herauskristallisiren, wenn es im Ueberschuß vorhanden ist, das Chlornatrium dagegen nicht, da es im kalten Wasser eben so löslich ist als im warmen.

Das am Boden liegende Kochsalz wird herausgekrückt, und man fügt nunmehr etwa noch 8 Centner Wasser zu, um das Herauskristallisiren des Salpeters bei der nicht zu vermeidenden Verdunstung zu verhindern. Hierauf wird zur Klärung eine kleine Menge Leim in den Kessel gegossen, der

mit den färbenden Extractivstoffen eine Art netzförmigen Niederschlag bildet und so vollständig die trübenden Theile einschließt, daß sie als Schaum abgenommen werden können, während die Lauge ganz hell zurückbleibt.

Nach einiger Ruhe wird dieselbe dann in große, weite Kristallisirbecken von Kupferblech abgelassen, die nach dem einen Ende zu geneigt sind, so daß sich alle Mutterlauge dorthin ziehen muß.

Man gelangt nun zu dem wichtigsten Theile des Raffinationsprocesses, nämlich zur Kristallisation.

Sobald die Lauge so weit abgekühlt ist, daß sie Kristalle abzusetzen anfängt, beginnt ein continuirliches Rühren mit eisernen Krücken, wodurch die rapide Ausbildung unendlich vieler, sehr kleiner Kristalle bewirkt wird, die keine Mutterlauge einschließen können. Sie werden mit der Krücke nach den höher liegenden Theilen des Kristallisirbeckens hingeschoben und in dem Maaße, als sie durch Abziehen der Mutterlauge weiß werden, mit der Schaufel weggenommen. Die vereinigten Mutterlaugen mehrerer Kristallisationen liefern beim weitern Verdampfen eine neue Kristallisation, die indessen schon bedeutend mehr mit Chlornatrium verunreinigt ist. Die hiervon abziehenden Laugen werden auf Kalisalze oder als Dünger benutzt.

Die erhaltenen feinen Kristalle sind bis auf anhaftende Mutterlauge und höchstens 1% beigemengtes Chlorkalium rein. Sie werden es vollständig durch ein systematisches Auswaschen in trichterförmigen Behältern mit einem doppelten fein durchlöcherten Boden. Das Wasser, resp. die durch das Auswaschen früherer Portionen erhaltene, fast ganz reine Lauge wird mit einer Gießkanne gleichmäßig über die Kristalle vertheilt. Sie sättigt sich sehr bald mit Salpeter und nimmt dann nur noch die fremden Salze auf. Das Waschen wird in einigen Fabriken so lange fortgesetzt, bis das Waschwasser nicht mehr durch salpetersaures Silberoxyd getrübt wird.

Durch eine richtige Benutzung des Princips des systematischen Auswaschens gelangt man dahin, ohne doch eine zu große Quantität von Salpeterkristallen aufzuopfern. Die erhaltenen Waschwasser werden schließlich zum Auflösen des Rohsalpeters angewendet.

Sobald die Kristalle nur noch mit einer reinen Salpeterlösung befeuchtet sind, werden sie in großen kupfernen Becken getrocknet, die durch die abziehende Flamme geheizt werden, dann durch Siebe geschlagen, um die Klumpen zu zerkleinern und, in Säcke verpackt, an die Pulvermühlen 2c. abgegeben.

Die Salpetersäure, das Scheidewasser. Diese nach der Formel NO^5 zusammengesetzte Säure ist in wasserfreiem Zustande erst in der letzten Zeit auf die Art dargestellt worden, daß man trockenes Chlorgas über geschmolzenes salpetersaures Silberoxyd leitet; es bildet sich Chlorsilber, der Sauerstoff des Silberoxyds und die wasserfreie Salpetersäure werden frei, und letztere verdichtet sich in einer energisch wirkenden Kältemischung zu eisartigen Nadeln, die nur in zugeschmolzenen Glasröhren aufbewahrt werden können.

Indessen auch dann nicht lange, indem nach kurzer Zeit, ohne irgend eine wahrnehmbare Ursache, ein Zerfallen derselben, wahrscheinlich in Sauerstoff und Stickgas oder Stickoxydul und damit eine so ungeheure Steigerung des Drucks erfolgt, daß die Aufbewahrungsgefäße unausbleiblich zerschmettert werden.

Dagegen ist das Salpetersäurehydrat, $NO^5 + HO$, mit mehr oder weniger Wasser vermischt, unter dem Namen Scheidewasser wahrscheinlich schon den arabischen Alchymisten bekannt gewesen. Dasselbe ist in reinem Zustande eine farblose, stark saure Flüssigkeit, welche die meisten Metalle und organischen Stoffe unter lebhafter Entwickelung von niederen Oxydationsstufen des Stickstoffes, also Stickoxydul, Stickoxyd*), salpetrige Säure oxydirt resp. zerstört.

Bei einigen stark reducirenden Metallen geht die Einwirkung so weit, daß der Salpetersäure nicht allein aller Sauerstoff entzogen wird, sondern

---

*) Das Stickoxyd ist ursprünglich ein farbloses Gas, das indessen mit dem Sauerstoff der Luft augenblicklich in orangeroth gefärbtes, salpetrigsaures Gas übergeht.

Das Letztere ist in farbloser Salpetersäure so lange löslich, bis das elementare Verhältniß des Stickstoffs zum Sauerstoff das von 1 : 4 geworden ist.

Man erhält so die rauchende Salpetersäure, welche wegen ihrer äußerst energisch oxydirenden Wirkung in der Chemie vielfältige Anwendung findet. Die letztere ist theilweise von der Beimengung der salpetrigen Säure abhängig; andererseits möchte hierauf auch influiren, daß nur die stärkste Salpetersäure sich so mit salpetriger Säure beladen kann, indem dieselbe durch Wasserüberschuß augenblicklich in Stickoxyd und Salpetersäure zerfällt.

Die gelbgefärbte Flüssigkeit geht dabei durch blaue und grüne Nuancen in Farblosigkeit über.

Ob in dieser rauchenden Salpetersäure eine eigenthümliche Verbindung, NO^4, die Untersalpetersäure existirt, oder ob bloß ein Gemenge von NO^3 mit NO^5 vorliegt, ist noch nicht ganz entschieden.

daß auch der durch secundäre Zerlegung des Wassers frei gemachte Wasserstoff sich im Augenblick des Entstehens mit dem Stickstoff der Salpetersäure zu Ammoniak vereinigt. Auf organische Körper wirkt die Salpetersäure auf zweierlei Art ein. Entweder oxydirt sie dieselben ganz und verwandelt sie in einfachere Körper, wie Kohlensäure, Wasser, Oxalsäure, oder sie wirkt nur auf einzelne Wasserstoffaequivalente oxydirend ein, indem an die Stelle des ausgetriebenen Elements gleich wieder ein Aeq. NO^4 eintritt und den Wasserstoff gewissermaaßen substituirt.

Das andere Aeq. Sauerstoff ist mit dem verdrängten Wasserstoffe zu Wasser verbunden. Diese Art Körper sind häufig gelb gefärbt und meistens geneigt, beim Erhitzen zu explodiren. Ich nenne hier nur das sogenannte Welter'sche Bitter oder die Pikrinsalpetersäure, die aus dem Phenol, $C^{12}H^6O^2$, einem Bestandtheil des Steinkohlentheeres auf die Art entsteht, daß 3 Aeq. H durch 3 Aeq. NO^4 vertreten werden.

$$C^{12}H^6O^2 + 3\,NO^5 = \left.\begin{matrix} C^{12}H^3 \\ 3\,NO^4 \end{matrix}\right\} O^2 + 3\,HO.$$

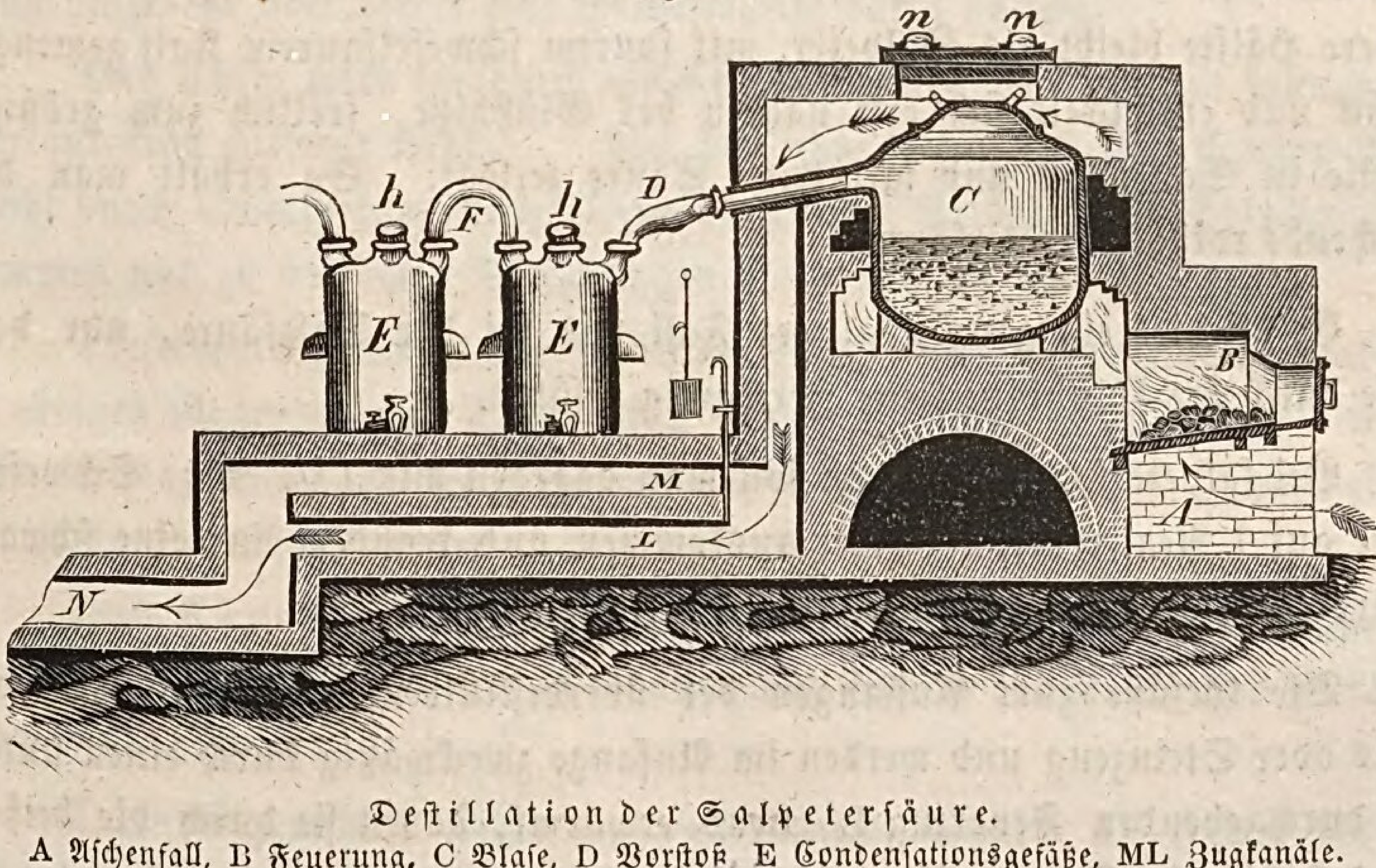
$$\overline{\qquad C^{12}H^3N^3O^{14} \qquad}$$

Diese Pikrinsalpetersäure liefert auf Wolle und Seide, überhaupt auf thierische Stoffe unmittelbar ein schönes, intensives, sehr echtes Gelb.

Aehnliche gelbe Stoffe werden durch die Einwirkung der Salpetersäure auf thierische Stoffe gebildet; daher die gelben Flecken, welche die Salpetersäure auf der Haut macht.

Die Darstellung der Salpetersäure im Großen geschieht jetzt fast aus-

Fig. 38.



Destillation der Salpetersäure.
A Aschenfall, B Feuerung, C Blase, D Vorstoß, E Condensationsgefäße, ML Zugkanäle.

schließlich in eisernen Blasen, die durch dieselbe fast eben so wenig wie Glas angegriffen werden, wenn nur die Salpetersäure hinreichend stark und das Eisen selbst heiß genug ist. Dieses Metall wird nämlich durch Berührung mit starker Salpetersäure in den sogenannten passiven Zustand versetzt, für welchen eine vollständig genügende Erklärung heut zu Tage noch nicht vorliegt.

Da das bei den andern Säuren so gut anwendbare Blei durch Salpetersäure aufs Leichteste aufgelöst wird, so ist es nöthig, die Verbindungen mit den zur Condensation bestimmten Ballons ꝛc. durch Röhren aus Steinzeug oder Glas herzustellen. Die eiserne Blase wird allseitig vom Feuer umspült, eine Maaßregel, die so nöthig ist, daß das Ableitungsrohr der Blase von dem Punkte an, wo es aus dem Ofen tritt, durch eine eingeschobene Thonröhre geschützt werden muß.

Statt des Kalisalpeters wird jetzt ausschließlich das salpetersaure Natron angewendet, nicht allein wegen seines niederen Preises und seines größern Gehaltes an Salpetersäure, sondern auch, weil es dieselbe auch viel leichter abgiebt.

Will man alle Salpetersäure in farblosem Zustande haben, so muß man auf 1 Aeq. Kalisalpeter 2 Aeq. Schwefelsäure anwenden; es bildet sich dann saures schwefelsaures Kali, und alle Salpetersäure geht bei ihrem Siedepunkte, 132° C., rein und farblos über.

Wende ich dagegen nur 1 Aeq. Schwefelsäure an, so erhalte ich bei dieser Temperatur nur die Hälfte der Salpetersäure in reinem Zustande, die andere Hälfte bleibt als Salpeter, mit saurem schwefelsaurem Kali gemengt, zurück und entwickelt sich erst nahezu bei Glühhitze, freilich zum größten Theile in Sauerstoff und salpetrige Säure zerlegt. So erhält man die rauchende rothe Salpetersäure.

Es ist dies ein ganz analoger Fall wie bei der Salzsäure, nur daß diese durch die Glühhitze keine Zerlegung erfährt.

Bei salpetersaurem Natron soll man dagegen mit $1\frac{1}{2}$ Aeq. Schwefelsäure auf 1 Aeq. Natronsalpeter auskommen und trotzdem nur eine schwach gefärbte Salpetersäure erhalten.

Die Gefäße zum Auffangen der überdestillirenden Säure sind von Glas oder Steinzeug und werden im Anfange zweckmäßig durch einen unter ihr durchgehenden Feuerzug L etwas erwärmt, damit sie durch die heiße, überdestillirende Salpetersäure nicht gesprengt werden.

Man verbindet mehrere derselben durch gläserne Röhren mit einander, und schlägt in die letzten etwas Wasser vor, besonders, um die weggehende salpetrige Säure noch zu benutzen.

Es ist zweckmäßig, wenn man auf einfachem Wege, z. B. durch Drehung eines Hahnes aus Steinzeug, die roth gefärbte Säure in einen besondern Ballon ableiten kann.

Sie entsteht durch beigemengte organische Substanzen, sowie ferner dadurch, daß an einzelnen Stellen Schwefelsäure im Ueberschuß vorhanden ist und durch Wasserentziehung das Zerfallen der Salpetersäure in salpetrige Säure und Sauerstoff bewirkt.

Gewöhnlich wird nur Scheidewasser von 35° B. verlangt und, da dies nicht weniger als 6 Aeq. Wasser enthält, so kann man mit Vortheil zur Zerlegung die sogenannte Kammersäure anwenden, worin so viel Wasser enthalten ist, daß genau eine Säure von diesem Gehalte überdestillirt. Verlangt man freilich das reine Hydrat, sogenanntes doppeltes Scheidewasser, so muß concentrirte Säure in Anwendung kommen.

Die Salpetersäure ist meistentheils etwas gelb gefärbt, besonders wenn sie lange im Lichte gestanden hat. Diese Färbung kann indessen schon durch Einstellen in heißes Wasser verjagt werden. Sie ist ferner, besonders wegen des Gehalts des Chilisalpeters an Kochsalz, sehr häufig chlorhaltig.

Da das Chlor aber zuerst übergeht, so kann man die Salpetersäure durch eine fractionirte Destillation leicht davon befreien.

Häufig geschieht dies auch, indem man kleine Quantitäten Silbersolution hinzusetzt oder direct eine Silbermünze darin auflöst.

Das Chlor wird hierdurch als Chlorsilber abgeschieden und kann durch Decantation entfernt werden. Bei der nun folgenden Rectification kann leicht durch Ueberspritzen eine kleine Quantität Silber in die Salpetersäure kommen und zu seltsamen Täuschungen Veranlassung geben.

Dieselben Umstände, wie sie bei der Salzsäure angeführt sind, erlauben in einigen Gegenden die Destillation in Glasgefäßen vorzunehmen, wenn nämlich die Bruchstücke der Retorten auf den nahe gelegenen Hütten einen vortheilhaften Markt finden.

Das **Königswasser** ist ein Gemenge von Salzsäure und Salpetersäure, das seinen Namen davon erhalten hat, daß es den König der Metalle, das Gold angreift.

Diese Eigenschaft rührt her von seinem Gehalte an freiem Chlor. Wenn auch Untersuchungen von Fremy gezeigt haben, daß in dem kalten

Königswasser, ohne Gegenwart eines Metalls, eine Verbindung nach der Formel $N \begin{cases} O^4 \\ Cl \end{cases}$ gewissermaaßen eine Salpetersäure, in der 1 Aeq. Sauerstoff durch Chlor ersetzt ist, vorhanden ist, so zerlegt sich diese Verbindung doch bei Gegenwart von Metallen und beim Erwärmen sogleich in Chlor, das sich mit den Metallen verbindet, und Untersalpetersäure, die gasförmig entweicht. Auch das Platin wird, wenn auch viel schwieriger als das Gold, von Königswasser angegriffen und zu Platinchlorid aufgelöst. Die von den Gewerbetreibenden häufig statt des zu rasch wirkenden Königswassers angewendeten Gemenge von Salmiak oder Kochsalz, Salpeter und Alaun, sind nur darum zum Abbeizen der Metalle tauglich, weil durch die Schwefelsäure des Alauns, die nur locker an Thonerde gebunden ist, aus den erwähnten Salzen Salpetersäure und Salzsäure frei gemacht werden, die nun wie schwaches Chlor wirken.

Viel energischer als das Königswasser wirkt noch eine Auflösung von chlorsaurem Kali in Salzsäure, die noch bedeutend reicher an freiem Chlor ist.

Dritte Abtheilung.

Salze.

Siebentes Kapitel.

Schießpulver, Schießbaumwolle, Collodium, Zündhütchen, Minensprengung.

Unter allen Mitteln, die den Menschen zur Erzeugung lebendiger Kraft zu Gebote stehen, ist die Entzündung des Schießpulvers durch ihre rapide, momentane, ungeheure Wirkung ausgezeichnet. In einer Handvoll Pulver ist eine Kraft aufgespeichert, die, durch einen einzigen Funken entfesselt, Felsen sprengt und Kugeln mit der Geschwindigkeit des Schalles fortsendet.

So großartig und gewaltig, so ungefesselt und ungebändigt ist sie auch und unterscheidet sich dadurch von der rastlosen Arbeit des Dampfes sehr zu ihrem Nachtheile. Während dieser schafft und erzeugt, kann das Pulver nur zerschmettern und zerstören.

Wie dem auch sei, so wird doch seine Geschichte, seine interessante Zusammensetzung und Wirkungsweise immer eins der anziehendsten Kapitel der Technik bilden.

Die Entdeckung des Pulvers ist verhältnißmäßig sehr alt. Im Sanscrit sollen sich Ausdrücke finden, die auf eine Bekanntschaft der Indier damit hindeuten, welche weit über die christliche Zeitrechnung hinausgeht.

Die Chinesen, wie sie die Eigenschaften der Magnetnadel, die Buchdruckerkunst, die Porzellanfabrikation früher als das civilisirte Abendland gekannt haben, verstanden auch schon lange Pulver zu bereiten und anzuwenden, freilich in einer unvollkommenen Form, welche sie in Folge ihrer Nationaleigenthümlichkeit noch bis heute beibehalten haben.

Das berühmte griechische Feuer, das unter dem Wasser fortbrannte, ist aller Wahrscheinlichkeit nach ebenfalls hierher zu rechnen.

Es ist stets ein Stolz deutscher Nation gewesen, die Erfindung des Pulvers einem Deutschen, dem Mainzer Mönche Berthold Schwarz, zu-

schreiben zu dürfen, dessen Leben ins 14. Jahrhundert fällt. Als Schwarzkünstler eingekerkert, soll er beim Zusammenreiben der bekannten Materialien und zufälliger Entzündung der Mischung verunglückt sein. Wer aber alsdann das Geheimniß nach seinem Tode ergründet hat, ist unbekannt.

Aus den Schriften von Roger Bako, der 1234 starb, geht indessen klar hervor, daß das Schießpulver schon zu seiner Zeit in England bekannt gewesen ist. Am Wahrscheinlichsten ist es, daß die Araber, die im Mittelalter die hauptsächlichste Pflege der Naturwissenschaften übernommen, die Kenntniß des Schießpulvers aus dem Orient nach Spanien brachten, von wo sich dieselbe über Europa verbreitet hat. Es ist nun ein höchst interessantes Factum, daß die großartigsten Fortschritte der Chemie sowohl in der qualitativen, als auch sogar in der quantitativen Zusammensetzung des Pulvers nicht das Mindeste haben verändern können.

In chemischer Beziehung ist die Bereitung des Pulvers schon im Mittelalter abgeschlossen und der Neuzeit ist bloß die Verbesserung des mechanischen Theils und die wissenschaftliche Erklärung der Erscheinungen geblieben. Trotz der ungeheuren Fortschritte der neueren Chemie kennt man keine explosive Mischung, welche das Schießpulver in allen seinen Beziehungen ersetzen, noch viel weniger eine, welche dasselbe übertreffen könnte.

In Beziehung auf das erzielte Kraftmoment ist und bleibt das Schießpulver die wohlfeilste Mischung.

Wenn man auch eine Zeit lang geneigt war, der Schießbaumwolle in dieser Beziehung wegen ihrer größeren Wirksamkeit Vortheile zuzugestehen, so haben doch genauere Versuche die Grundlosigkeit dieser Meinung dargethan.

Die Schießbaumwolle wirkt ungefähr doppelt so stark, als ein gleiches Gewicht Pulver, kostet aber wenigstens dreimal so viel.

Nebenbei sind die Materialien zum Pulver nöthigenfalls in jedem Lande ohne zu große Kosten selbst zu produciren, so daß selbst eine Blockade unserer Küsten, welche die Baumwolle uns entzöge, der Pulverfabrikation nur unbedeutende Hindernisse in den Weg legen würde.

Seine Bereitung und Handhabung ist ferner verhältnißmäßig die sicherste und bequemste.

Es entzündet sich nur sehr schwer durch den Stoß, gar nicht durch die bloße Berührung mit andern Körpern. Sonnenstrahlen, sowie eine Erwärmung bis zur Siedetemperatur des Wassers verträgt es leicht und unter

den gewöhnlichen atmosphärischen Verhältnissen bleibt es trocken und unverändert.

Die zum Schießen nöthigen Mengen lassen sich leicht abmessen und bei der Aufbewahrung, beim Transport ist sein Volumen nicht hinderlich.

Endlich läßt das Pulver beim Explodiren einen nur ganz unbedeutenden Rückstand, der bei richtiger Zusammensetzung die metallenen Wände der Geschütze nur sehr wenig angreift.

Derselbe reagirt durch seinen Gehalt an Schwefelkalium schwach alkalisch, während andere explosive Substanzen Säuren bilden, die die Oxydation der Metalle ausnehmend befördern. Der wichtigste Vorzug des Pulvers ist indessen, daß es zwar hinreichend stark, aber nicht zu rasch explodirt.

Es dürfte an dieser Stelle vielleicht nöthig sein, den Begriff, den man mit dem Worte „Explodiren" verbindet, etwas näher ins Auge zu fassen.

Eine Explosion ist nichts anderes, als eine äußerst rasch vor sich gehende chemische Verbindung, respective Zerlegung, bei welcher eine so hohe Temperatur erzeugt wird, daß die in Menge entstehenden gas- oder dampfförmigen Producte außerdem noch auf das Vielfache ihres Volumens ausgedehnt werden. Wenn wir ein Gemenge von 2 Vol. Wasserstoff und 1 Vol. Sauerstoff, das sogenannte Knallgas, durch den elektrischen Funken entzünden, so entsteht eine äußerst heftige Explosion, welche die Blase oder das Glas, in welchem das Gemenge enthalten war, zerschmettern kann. Ist dies vermieden worden, so finden wir als Rückstand der beiden Gase wenige Tropfen Wasser. Bei dieser Verbindung entsteht aber eine Temperatur von annähernd 4000° C., wodurch der entstandene Wasserdampf aufs Ungeheuerste ausgedehnt wird. Es liegt demnach hier eigentlich eine Dampfexplosion vor. Der Knall, der die Explosion begleitet, rührt von der plötzlichen Erschütterung her, welche die Luft durch den Stoß der Gase erleidet; er wird also nicht erfolgen, wenn durch das Einschließen der explodirenden Substanzen in ein hinreichend festes Gefäß dieses Austreten von Gas vermieden wird.

Viel größer ist natürlich die Wirkung, wenn aus einem kleinen Volumen fester oder flüssiger Substanz sich durch die Zersetzung ein großes Volumen Gas entwickelt.

Wie wir später sehen werden, erzeugt ein Volumen Pulver ungefähr 300 Vol. Gas. Tritt hierbei noch die höchste Weißgluth hinzu, so begreift sich leicht, daß die Wirkung eine äußerst energische sein wird.

Bei einigen Substanzen indessen, die verhältnißmäßig wenig Gas entwickeln, ist die Heftigkeit der Wirkung nur durch das Dazutreten eines

andern Umstandes zu erklären. Chlorstickstoff, Jodstickstoff, die, schon in sehr kleiner Menge angewendet, die furchtbarste zerschmetternde Wirkung ausüben, können keinenfalls so überwiegend große Mengen Gas entwickeln. Auch kann die Temperatur, die bei der Zerlegung entsteht, keinenfalls eine so große sein, und es bleibt daher zur Erklärung nur das absolut momentane Eintreten der Explosion übrig.

Die zerschmetternde Wirkung, die ein Tröpfchen Chlorstickstoff auf seine Unterlage ausübt, läßt sich nur dadurch begreifen, daß die umgebende Luft auch nicht die mindeste Zeit behält, den erzeugten gasförmigen Producten auszuweichen, so daß sie, da zur Ueberwindung der allen Körpern eigenen Trägheit ein wenn auch nur kurzer Zeitmoment gehört, wie ein fester Körper wirkt. Die feste Unterlage wird also zerschmettert, gleich als ob sie ein Theil einer allseitig geschlossenen Kugel wäre. Lassen wir dagegen ein Häufchen Pulver auf einem Brette, einer Schale abbrennen, so wird nur ein schwaches Zischen entstehen, indem das erste entzündete Körnchen so langsam verbrennt, daß die anfängliche Trägheit der Luft lange überwunden ist, ehe die Entzündung sich über die ganze Masse fortgepflanzt hat.

Beim Knallpulver, das aus Schwefel, Salpeter und Pottasche gemengt wird und erst nach dem vollständigen Schmelzen, aber dann auch mit furchtbarer Heftigkeit explodirt, haben wir gerade wie beim Schießpulver eine Entwickelung von Kohlensäure und Stickgas, indessen in viel geringerer Menge. Daß trotzdem wenige Grane desselben genügen, um linienstarke Bleche zu durchbohren, hat seinen Grund darin, daß die Reaction in einer geschmolzenen Masse, daher momentan erfolgt.

Daß ein Gewehr beim Abschießen knallt, hat darin seinen Grund, daß ehe die Kugel den Lauf verläßt, die Entzündung schon vollendet ist und nun das aufs Höchste gespannte Gas auf einmal austritt.

Höchst interessante Versuche von Gay-Lussac haben die Schnelligkeit der Pulverentzündung mit der von andern explodirenden Substanzen zu vergleichen versucht.

Es wurden zwei lange Linien, die eine aus Pulver, die andere z. B. aus Knallquecksilber formirt und die Einrichtung so getroffen, daß der Anfang der Entzündung durch Durchbrennen eines Fadens einen sehr genauen Zeitmesser in Bewegung setzte, der auf ähnliche Weise arretirt wurde, sobald die Entzündung sich bis an das andere Ende der Linie fortgepflanzt hatte. Dabei stellte sich dann die interessante Erscheinung heraus, daß das Knallquecksilber siebenmal rascher explodirte, als das feinste Jagdpulver. Mus-

keten, und Kanonenpulver, verbrannten im Verhältniß ihrer Körnung noch langsamer.

Hierauf beruht die Erscheinung, daß besonders bei kurzen Läufen so viel Pulver unverbrannt herausgeworfen wird. Die ersten entzündeten Körner setzen das davor liegende Pulver in Bewegung und die Schnelligkeit desselben steigert sich bis zur Mündung durch die allmälig um sich greifende Entflammung. Was aber beim Verlassen des Laufes noch nicht entzündet ist, das verbrennt wirkungslos oder entgeht auch ganz der Verbrennung.

In der neuesten Zeit haben sorgfältig geleitete Versuche auf das Bestimmteste dargethan, daß selbst in den längsten Festungsgeschützen und selbst kurz vor dem Heraustreten des Geschosses aus der Mündung der aus der Menge des Pulvers berechnete Druck noch nicht vollständig ausgeübt wird, dasselbe demnach noch nicht vollständig verbrannt sein kann.

Nur wo, wie bei den Zündnadelgewehren, die Entzündung an der vorderen Fläche der Pulverladung erfolgt, kein Korn des Pulvers demnach den Lauf verlassen kann, ohne durch eine Zone glühender Gase gegangen zu sein, ist man einer vollkommenen Verbrennung sicher, und hierauf beruht wesentlich die weite Tragfähigkeit der erwähnten Gewehre.

Diese langsamere Detonation, obwohl sie bei unvollkommener Construction der Gewehre zu Kraftverlusten Veranlassung giebt, ist doch gerade der größte Vorzug des Pulvers, den die vermeintlichen Verbesserungen durch Zusatz von chlorsaurem Kali ꝛc. nur so lange haben verkennen lassen, als man sich die Wirkungsweise des Pulvers noch nicht hinreichend klar gemacht hat. Die Trägheit des Geschosses muß langsam, durch allmäliges Abbrennen und gradweise Steigerung der Gasspannung überwunden werden, indem es sonst wie eine feste Wand wirken müßte. Das Gewehr würde gleich einer Bombe zersprengt werden, während die Kugel fast wirkungslos zu Boden fiele.

Die Zusammensetzung des Pulvers, worauf sich die erwähnten Vorzüge basiren, ist nunmehr folgende:

Es besteht am gewöhnlichsten aus

75 % Salpeter,
12 % Schwefel und
13 % Kohle.

Diese Gewichtsverhältnisse finden wir schon in Pulverproben aus den Zeiten des dreißigjährigen Krieges und bei den Pulversorten des verschiedensten Ursprungs. Sie ist endlich die, welche die Wissenschaft als die begründetste anerkannt hat.

Werfen wir auf schmelzenden Salpeter etwas Kohle, so verbrennt sie sehr rasch und mit glänzendem Lichte zu Kohlensäure, die sich theilweise mit dem Kali des Salpeters vereinigt. Zugleich wird der Stickstoff der Salpetersäure frei.

Auf 2 Aeq. Salpeter werden nur 3 Aeq. Kohlensäure und 2 Aequiv. Stickstoff frei.

$$2(KaO+NO^5)+5C=2(KaO+CO^2)+3CO^2+2N.$$

Tritt aber noch Schwefel hinzu, so verbindet er sich mit dem Kalium zu Schwefelkalium; es wird dadurch noch 1 Aequiv. Sauerstoff disponibel und keine Kohlensäure gebunden; die Folge davon ist die Explosion der Mischung bei einer über die Entzündungstemperatur des Schwefels hinausliegenden Temperatur (c. 150° C.)*).

Die Formel der Zersetzung ist alsdann folgende:

$$KaO+NO^5+S+3C=KaS+3CO^2+N.$$

Nach den Aequivalentenzahlen für diese Stoffe 101,2—16,—18 entspricht dies 74,8% Salpeter,
11,8% Schwefel,
13,2% Kohle,

also fast ganz genau den oben angegebenen, empirischen Procenten.

Man erhält daraus 40,8% Schwefelkalium und 59,2% Gase, oder ungefähr das 296fache Volumen des angewendeten Pulvers. Durch die zugleich zur stärksten Weißgluth gesteigerte Temperatur wird das Gasvolumen vielleicht auf das 10fache ausgedehnt, und man würde dann momentan einen Druck von c. 3000 Atmosphären haben, wenn den Pulvergasen nicht Raum zur Ausdehnung gegeben würde.

Besonders um den Salpeter zu sparen sind noch andere Zusammensetzungen versucht worden.

Anstatt Kohlensäure zu bilden, kann man durch Zufügen von mehr Kohle auch Kohlenoxyd und damit ein sehr vergrößertes Gasvolumen erhalten.

$$KaO+NO^5+S+6C=KaS+6CO+N.$$

---

*) Anmerkung. Versuche, wo man Pulver in einem luftleeren Raume langsam erhitzte, haben dargethan, daß man hier den Schwefel fast vollständig wegsublimiren kann, ohne daß die Explosion erfolgt. Es scheint fast, daß ein Theilchen Schwefel an der Luft sich entzünden muß, um die Explosion einzuleiten. Wenigstens wird beim Entzünden des Pulvers durch Erhitzung auf einer Metallplatte immer ein kleines Schwefelflämmchen bemerkt, ehe die Explosion erfolgt.

Man erhält dann aus einem Vol. Pulver 457 Vol. Gas, also bedeutend mehr als oben. Dagegen ist aber die Hitze, welche durch die Verbrennung der Kohle zu Kohlenoxyd erhalten wird, nicht einmal halb so hoch. Die Ausdehnung der Gase durch die Wärme wird daher eine verhältnißmäßig geringere sein und damit der scheinbare Vortheil zum größten Theile wieder verloren gehen, wenn man nicht mit der Ladung eine große Menge Luft einschließt, deren Sauerstoff das Kohlenoxyd verbrennen kann. Dies geschieht z. B. in den Gewehren mit einem Kammerstift, den sogenannten Spitzkugelbüchsen; ebenso ist es beim Sprengen von Gesteinen üblich. Bei dem hierzu angewendeten Sprengpulver, das möglichst wohlfeil hergestellt werden soll, setzt man auch wohl 2 Aeq. Schwefel zu. Die Explosionskraft wird trotz des Abbrechens an Salpeter nicht verringert, indem der Ueberschuß an Schwefel die Verbindung desselben mit Kalium zu Doppeltschwefelkalium befördert und die Explosion daher rapider erfolgt. Bei Gewehren ist dies Pulver nicht anzuwenden, weil dieselben einerseits springen, andrerseits aber auch durch den Ueberschuß an Schwefel angegriffen werden würden.

Bei feinem Jagdpulver ist es im Gegentheile üblich, an Schwefel abzubrechen, damit eine kleine Menge kohlensaures Kali entsteht, welches die eisernen Läufe sehr vor dem Rosten schützt.

Das chinesische Pulver enthält:

61,5% Salpeter,
23,0% Schwefel,
15,5% Kohle,

also einen ganz unzweckmäßigen Ueberschuß an Schwefel.

Nach diesen nothwendigen theoretischen Auseinandersetzungen gehe ich auf die praktische Darstellung des Pulvers über, indem ich dabei besonders die Einrichtungen der berühmten Pulvermühle zu Waltham-Abbey in England zum Muster nehme.

Von den zur Pulverbereitung dienlichen Materialien ist der Salpeter und Schwefel schon in den vorigen Kapiteln behandelt worden, die Kohle erfordert ein näheres Eingehen, indem nicht jede derselben zur Pulverfabrikation geeignet ist. Mit Diamant, mit Graphit, obgleich sie reinster Kohlenstoff sind, kann man kein Pulver machen. Eben so wenig taugen dazu Anthracit, Coaks, sowie die blasige Kohle, die sich bei der trockenen Destillation solcher organischer Körper bildet, welche wie Leder, Leim, Stärkemehl ꝛc. vor dem Verkohlen erweichen oder schmelzen. Nur die Holzkohle erscheint geeignet und auch nur dann in vorzüglichem Grade, wenn sie bei möglichst niedriger Temperatur bereitet wird.

Durch eine zu hohe Temperatur wird sie fest, dicht und schwer verbrennlich. Holzkohlen, die durch einen Hochofen unverbrannt durchgegangen, sind so wärmeleitend geworden, daß man sie, wenn sie an dem einen Ende glühen, am andern nicht in der Hand behalten kann. Sie sind fast nicht zu entzünden und erlöschen sogleich wieder, indem die Wärme zu rasch abgeleitet wird.

Die beste Kohle für Pulverfabrikanten ist eine möglichst leichte, poröse und leicht entzündliche, wasserstoffreiche Kohle, wie sie durch Verkohlung leichter Hölzer bei möglichst niedriger Temperatur erhalten wird.

Man wählt demnach Weiden-, Linden-, Pappeln- oder am besten Faulbaumholz, befreit es von der meist sehr aschereichen Rinde und läßt es auch wohl lange Zeit durch den Regen auslaugen, damit alle Saftbestandtheile, die wegen ihres Gehaltes an Eiweiß, Zucker rc. schwer verbrennliche Kohle liefern, entfernt werden.

Der Gleichmäßigkeit der Kohle wegen wird man immer dünnere Aeste vorziehen.

Für gewöhnliche Pulversorten verwendet man Schwarzkohle, für feinere Rothkohle. Obgleich die erstere der gewöhnlichen Meilerkohle vollständig gleicht, so muß man sie doch auf eine etwas andere Weise bereiten, um die Einmengung von Sand zu vermeiden, die bei der weiteren Fabrikation durch Funkenreißen gefährlich werden könnte.

Gewöhnlich stellt man sie in eisernen Kesseln dar, in welchen die Holzbündel in Brand gesetzt werden und löscht nach beendeter Verkohlung das Feuer durch Aufdecken eines eisernen Deckels. Durch Auslesen werden die Brände und veraschten Stücke beseitigt.

Die Rothkohle ist ein sehr eigenthümliches Product, das man durch sehr niedrige Verkohlungstemperatur erhält, wie ich es schon im ersten Kapitel erwähnt habe.

Sie ist braun, zerreiblich und in Aetzkali zum größten Theile mit brauner Farbe löslich.

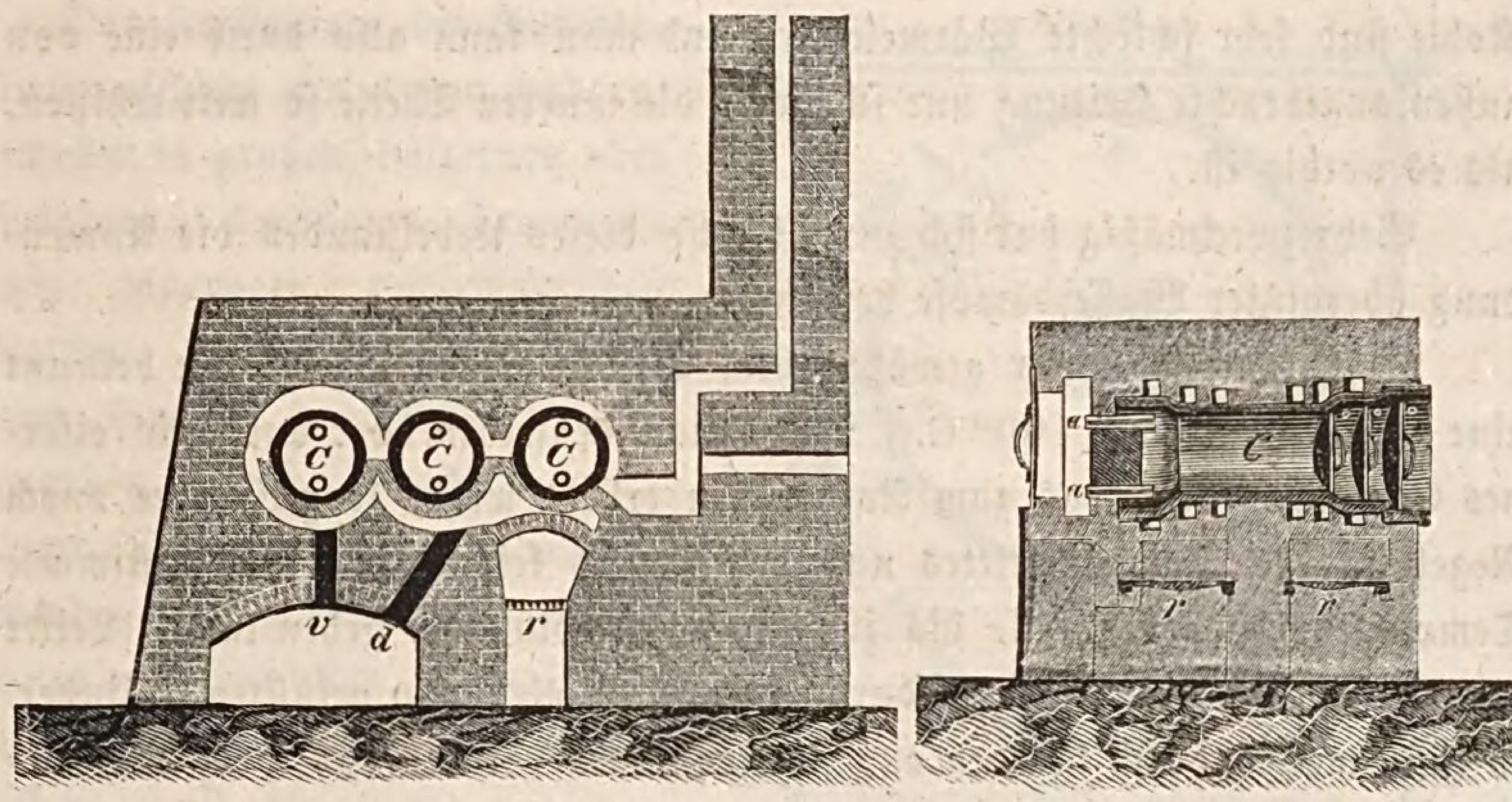
Sie enthält noch 30% Wasserstoff und Sauerstoff und zwar von ersterem etwas mehr, als zur Wasserbildung nöthig ist. In fein gepulvertem Zustande entzündet sie sich leicht von selbst, wenn sie in größeren Mengen zusammen liegt.

Merkwürdig ist es, daß diese Selbstentzündung durch Zusatz des nöthigen Schwefels beim Pulvern vermieden werden kann.

Die Rothkohle wird für jetzt noch in den meisten Fabriken über freiem Feuer durch eine sorgfältig geleitete Verkohlung in eisernen Retorten erhalten.

Die Retorten C, aus dünnem Eisenguß, sind so eingemauert, daß die Flamme der Feuerung zuerst nur das Mauerwerk trifft, auf welchem der

Fig. 39 a. Fig. 39 b.



Darstellung der Pulverkohle.

CCC Retorten, mit Proberöhren a a, und 3 Deckeln o o o; geheizt durch 2 Feuerungen r r. d und v lose vermauerte Oeffnungen zum Ausräumen der Flugasche.

untere Theil der Retorte eingebettet liegt. Nachdem sie hier den größten Theil ihrer Wärme abgegeben, umspült sie auch den oberen freiliegenden Theil und zieht in den Schornstein ab. Das über der Feuerung liegende Ende der Retorte dient zum Beschicken, das andere ist durch Mauerwerk verschlossen, in welches indessen zwei Röhren a a, eine zum Abströmen der Dämpfe, die andere zum Ziehen von Probestäben eingelassen sind. Das zu verkohlende Holz wird in Bündel zusammengebunden, in die Retorten eingeschoben, wenn man nicht das Verfahren vorziehen sollte, es in besondere Blechbüchsen einzuschließen, die die Retorte nahezu ausfüllen. Hierdurch wird zwar etwas mehr Brennmaterial verbraucht, die Operation des Beschickens und Entleerens aber sehr erleichtert. Durch Einsetzen mehrerer Deckel o o o über einander wird ein gasdichter Verschluß erzielt.

Man feuert langsam und zwar so lange, bis die Dämpfe eine lichtere Farbe annehmen und ein Probestab auf dem Bruche das Ansehen von verschossenem schwarzen Sammet zeigt.

Die Deckel werden dann entfernt und die Kohle durch Einschütten in luftdichte Blechbüchsen gelöscht. Durch Aussuchen mit der Hand werden die Bränder 2c. beseitigt.

Die höchst interessanten Versuche von Violette, Commissair der französischen Pulverfabriken haben gezeigt, daß die zur Bildung der Roth-

kohle nöthige Temperatur zwischen 270° — 320° C. liegt und daß schon bei 350° die Bildung der Schwarzkohle beginnt, wenn man das ganze Holz gleichmäßig auf diese Temperatur erwärmen kann. Das Holz und die Kohle sind sehr schlechte Wärmeleiter, und man kann also durch eine von außen angebrachte Heizung nur schwierig die inneren Theile so weit erhitzen, als es nöthig ist.

Sehr zweckmäßig hat sich zur Abhülfe dieses Uebelstandes die Anwendung überhitzter Wasserdämpfe bewährt.

Wasserdampf, unter gewöhnlichem Drucke erzeugt, zeigt wie bekannt eine Temperatur von 100° C. Leitet man denselben aber durch ein eisernes Schlangenrohr, das zum Rothglühen erhitzt wird, so gelingt es durch Regelung des Dampfzutrittes und des Feuers leicht, ihm eine bestimmte Temperatur zu geben, die bis zur schwachen Glühhitze gehen kann. Leitet man diesen überhitzten Dampf durch einen mit Holzstücken gefüllten Cylinder, so kann man dadurch bei den angeführten Temperaturen das Holz nach Belieben und vollkommen gleichmäßig in Roth- oder Schwarzkohle überführen. Es steht zu erwarten, daß allmälig alle Pulverfabriken dieses Verfahren annehmen werden.

Beiläufig ist noch zu erwähnen, daß durch Verkohlen des Holzes in zugeschmolzenen Glasröhren neben einer wasserhellen Flüssigkeit und Gas eine Kohle erhalten wird, die ihrer äußern Erscheinung nach der Steinkohle sehr nahe steht. Es wäre demnach wohl möglich, daß die Steinkohle durch eine Verkohlung von Holz unter dem ungeheuren Druck darauf lastender Felsmassen entstanden wäre, wenn nicht manche geologische Verhältnisse dagegen Einsprache erhöben.

Die so erzeugte Kohle, der raffinirte Schwefel und Salpeter werden aufs Feinste zertheilt, innig gemischt, durch Pressen verdichtet und in die dem Pulver eigenthümlichen Körnchen gebracht.

Um furchtbares Unglück zu vermeiden, ist es nothwendig, alle mögliche Vorsicht gegen eine zufällige Entzündung anzuwenden.

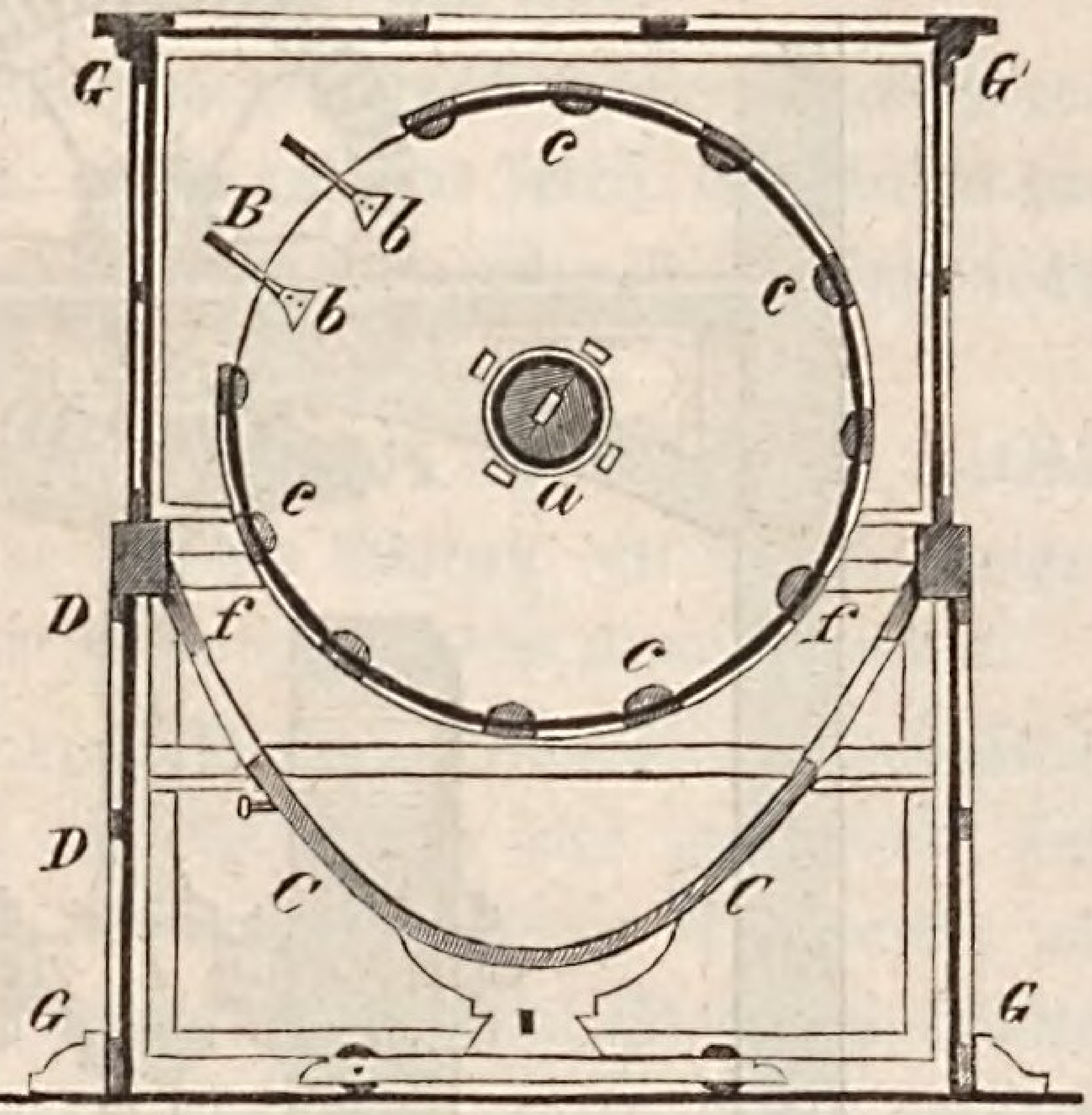
Die einzelnen Operationen werden daher gesondert in kleinen isolirt liegenden, leicht gebauten und mit hohen Wällen umgebenen Fabrikgebäuden ausgeführt. Es darf ferner nie eine zu große Menge auf einmal in Arbeit genommen werden.

Die Berührung von Eisen mit Sand, die so leicht Funken erzeugt. wird sorgfältig vermieden; die Arbeiter gehen daher in Filzschuhen, die auch jeder Besucher anlegen muß, und zwar so, daß er in sie hineintritt, ohne den Boden des Fabrikgebäudes zu berühren.

Endlich, und dies ist das beste Schutzmittel, wird der größte Theil der Manipulationen mit dem Pulver in einem halbfeuchten Zustande vorgenommen.

Das Zerkleinern der Materialien geschieht am besten und raschesten in großen, hölzernen oder ledernen, drehbaren Trommeln mit innerhalb vorspringenden Leisten, in welche eine Anzahl aus Bronze gegossener Kugeln gegeben werden. Durch die langsame Drehung der Trommeln werden diese gehoben und wirken beim Zurückfallen zermalmend auf die Substanzen. Gewöhnlich wird zuerst die Kohle und der Schwefel zusammen gepulvert und dann erst das Salpetermehl zugegeben.

Fig. 40.



B Pulverisirtrommel mit Achse a, vorspringenden Leisten c und verschließbaren Klappen b b. Ist das Pulverisiren beendet, so werden diese geöffnet, ein Sieb eingeschoben und die Oeffnung durch Drehen der Trommel über das schalenförmige Gefäß C C gebracht, in welches nun die pulverisirten Substanzen hineinfallen. Nach Wegnahme der vorderen Kastenwand kann das Gefäß C C durch Ausfahren entfernt werden. G G Aeußeres Gehäuse.

In Waltham Abbey bildet dieses Pulvern der einzelnen Materialien keine abgesonderte Operation. Nachdem sie zuerst durch eiserne Walzen gröblich zerdrückt, und dann in einer Mengetrommel innig vermischt sind, wird sogleich zu der Bearbeitung unter Mühlsteinen geschritten.

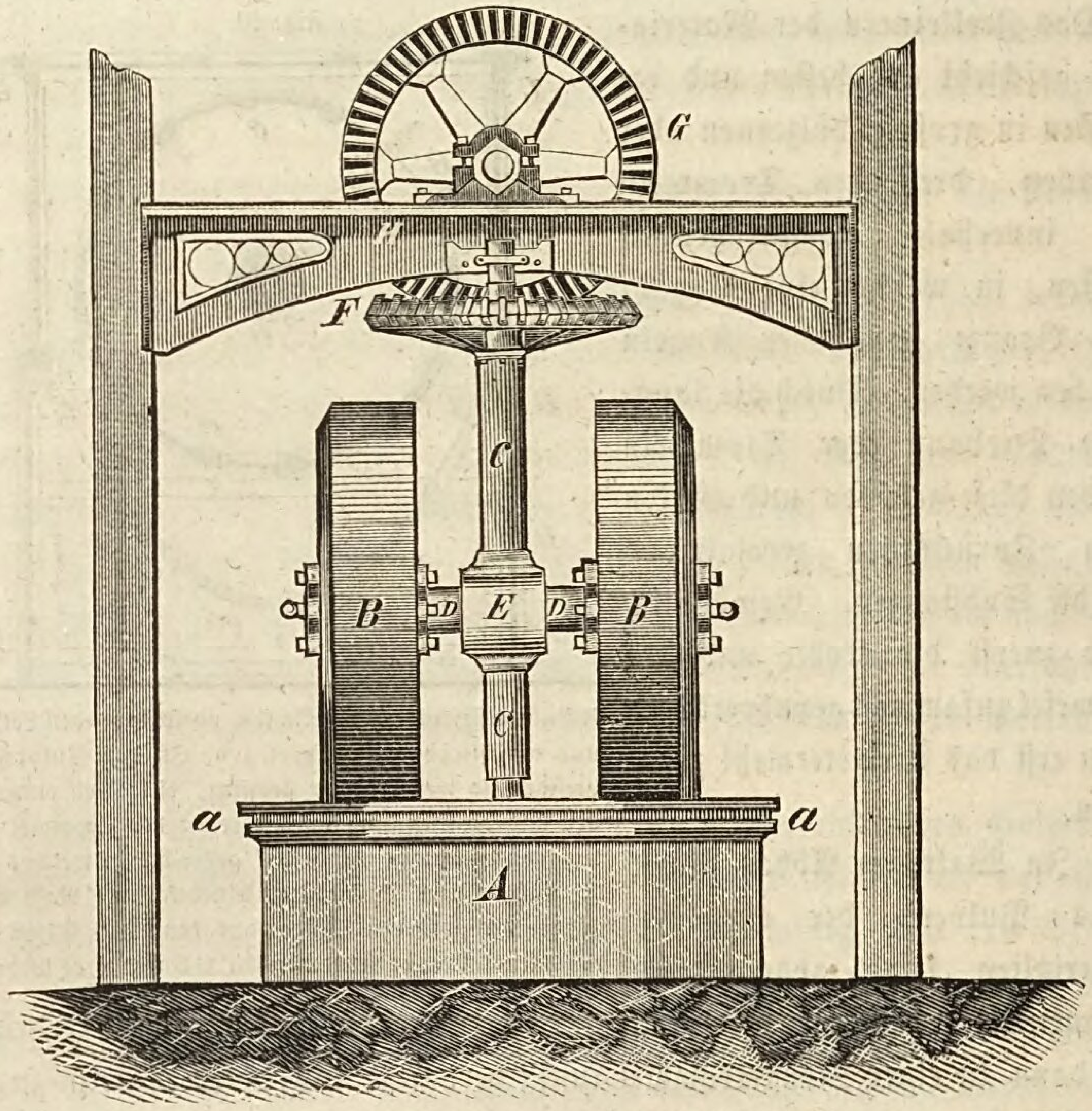
Die Behandlung durch Stampfwerke ist jetzt nur noch in kleineren Fabriken in Gebrauch. Sie bestehen aus mit Bronze- oder Zinkschuhen versehenen Pochstempeln, die durch eine Daumenwelle gehoben werden und in birnförmige Vertiefungen fallen, welche in einem Eichenklotze ausgestemmt sind. Gewöhnlich findet man eine ganze Reihe derartiger Pochstempel nebeneinander und indem halbstündlich die Beschickung umgefüllt wird, erzielt man eine hohe Gleichmäßigkeit der Behandlung.

Am verbreitetsten ist indessen jetzt die Anwendung einer Art Mühle, die folgendermaßen construirt ist.

Eine kreisrunde Platte aus dichtem, grauem Kalksteine ist im Boden eingelassen. In ihrer Mitte dreht sich eine senkrechte Achse, an der sich zwei horizontale Arme befinden. Diese dienen wieder senkrecht stehenden Mühlsteinen aus demselben Materiale zu Achsen, so daß dieselben auf der Boden-

platte wie Räder im Kreise herumlaufen. Sie wirken somit nicht allein drückend, sondern auch schleifend und zerreißend.*)

Fig. 41.



Stehende Mühle im senkrechten Durchschnitt.
A Bodenstein mit Blechrand a; B B stehende Läufersteine. C Haupt-, D D Nebenachse; letztere gleitet im Schlitze E, damit die Steine nöthigenfalls sich heben können. F G Triebwerk. H Stützbalken für die centrale Achse. Die gewöhnlich noch angebrachten Schaber sind der Einfachheit wegen weggelassen.

Angebrachte Schaber bringen die Masse immer wieder in die Bahn der Steine zurück.

Dadurch, daß der eine Stein möglichst nahe an die Achse herangerückt ist, während der andere an der Peripherie läuft, kann die Masse auf der ganzen Oberfläche des Bodensteins bearbeitet werden; was davon der eine

*) Als das beste Material zu den Walzen soll sich das sehr harte Holz des Dogwoodbaumes bewährt haben. Dies ist indessen häufig zu theuer und man wendet daher auch wohl Gußeisen an, das man indessen, um Funken zu vermeiden, mit einem Bronzeringe umgiebt.

seitlich wegdrückt, wird dadurch immer in die Bahn des andern Steins geschoben. Ein mäßiges Anfeuchten ist unerläßlich. Ist die Pulvermasse hinreichend bearbeitet, so muß sie sich durchaus homogen zeigen, so daß man selbst mit bewaffnetem Auge keine Verschiedenheit bemerken kann.

Für feines Pulver wird sie außerdem noch durch Pressen möglichst verdichtet. Je dichter das Pulver ist, ein je größeres specif. Gewicht es hat, desto mehr geht in einen bestimmten Raum, desto größer ist die Spannung, die durch seine Verbrennung erzeugt wird.

Zu diesem Ende zerkleinert man die Masse, die in groben Stücken erhalten worden ist, indem man sie zwischen Walzen mit flachen Spitzen durchgehen läßt, und erhält es so in Form von grobem Kanonenpulver.

Diese Masse wird nun auf bronzene Platten gleichmäßig aufgeschüttet, und zwar ungefähr in einer Höhe von $3/4''$. Um dies zu erreichen sind zwei Seitenplatten vorhanden, die in der angegebenen Entfernung mit Nuthen versehen sind. Man schiebt in die untersten eine Platte ein, schüttet das Pulver etwas höher als $3/4''$ auf, schiebt eine zweite Platte darüber, die den Ueberfluß abstreicht und fährt so fort, bis der ganze Stoß von 44 Preßplatten fertig ist. Dieser wird alsdann in die hydraulische Presse gebracht, die Seitenplatte entfernt und nun der Druck allmälig auf 1700 Pfd. pr. Quadratzoll gesteigert. Das Pulver ist dann auf $1/3$ seiner ursprünglichen Dicke reducirt und hat ganz das Aussehen und die Festigkeit von Dachschiefer.

Da diese Operation bei unvorsichtigem Schließen der Pressen leicht eine Entzündung veranlassen kann, so befinden sich dieselben in einem ganz abgesonderten, durch einen hohen Wall geschützten Gebäude, aus dem sich alle Arbeiter entfernen, so lange das Pressen dauert.

Das hierauf folgende Körnen des Pulvers übt einen wesentlichen Einfluß auf die Schnelligkeit seiner Entzündung. Im Mittelalter wurde nur Mehlpulver verwendet. Dieses legt sich indessen beim Laden zu dicht auf einander, ist nicht so bequem abzumessen, ist hygroskopisch und verliert endlich seine Gleichmäßigkeit beim Transport, indem sich der spec. schwerere Salpeter leichter zu Boden setzt. Pulver in groben Stücken anzuwenden, verbietet sich von selbst, indem dasselbe dann zu langsam und gleichsam schwärmerartig abbrennt.

Je größer die Körner sind, desto geringer ist die Oberfläche, welche sich entzündet, desto längerer Zeit bedarf es, bis jedes einzelne Pulverkorn von der Oberfläche bis zur Mitte abgebrannt ist.

Für Geschütze, die wegen der Sprödigkeit der Wände keine zu plötzliche Explosion aushalten können, ist daher ein grobes Korn üblich, ebenso beim Sprengpulver, da hier es nicht gut möglich ist, daß Pulver herausgeworfen wird, ehe die Explosion vollendet ist.

Für Jagdgewehre wird das feinste Korn gewählt, da es hier auf eine möglichst kräftige Wirkung einer kleinen Pulvermenge ankommt, und die aus dem zähesten Eisen gefertigten Läufe den plötzlichen Stoß leichter aushalten. Von Wichtigkeit ist auch noch der Umstand, ob die Körner rund oder eckig sind.

Aus der Mathematik ist bekannt, daß die kugelförmigen Körper im Verhältniß zu ihrer Masse die kleinste Oberfläche haben, und da die Entzündung nur von der Oberfläche ausgehen kann, begreift sich die Vorzüglichkeit leicht, welche das englische Pulver durch seine eckige Körnung erhält.

Auf dem Continent wird zum Körnen folgende Methode benutzt.

Die gröblich zerschlagenen Pulverkuchen werden auf ein grobes durchlöchertes Pergamentsieb gebracht, welches langsam im Kreise herumbewegt wird. Die Bewegung wird ihm durch Menschenhände oder Maschinenkraft mitgetheilt. Durch eine aufgelegte linsenförmige Scheibe von hartem Holz werden die Pulverbrocken zerdrückt und die Masse fällt durch die runden Löcher hindurch auf eine Reihenfolge von Sieben, welche immer feiner werden und so nach einander das Kanonen-, Musketen- und Jagdpulver absondern. Der feine Staub fällt in ein besonderes Reservoir und wird von Neuem angefeuchtet und vermahlen.

Durch eine feststehende, sanft aufsteigende, unten löffelartig erweiterte Bahn werden die zu groben Stücke wieder auf das oberste Sieb zurückgeführt. Dieses Verfahren liefert abgerundete Körner und sehr viel Staub.

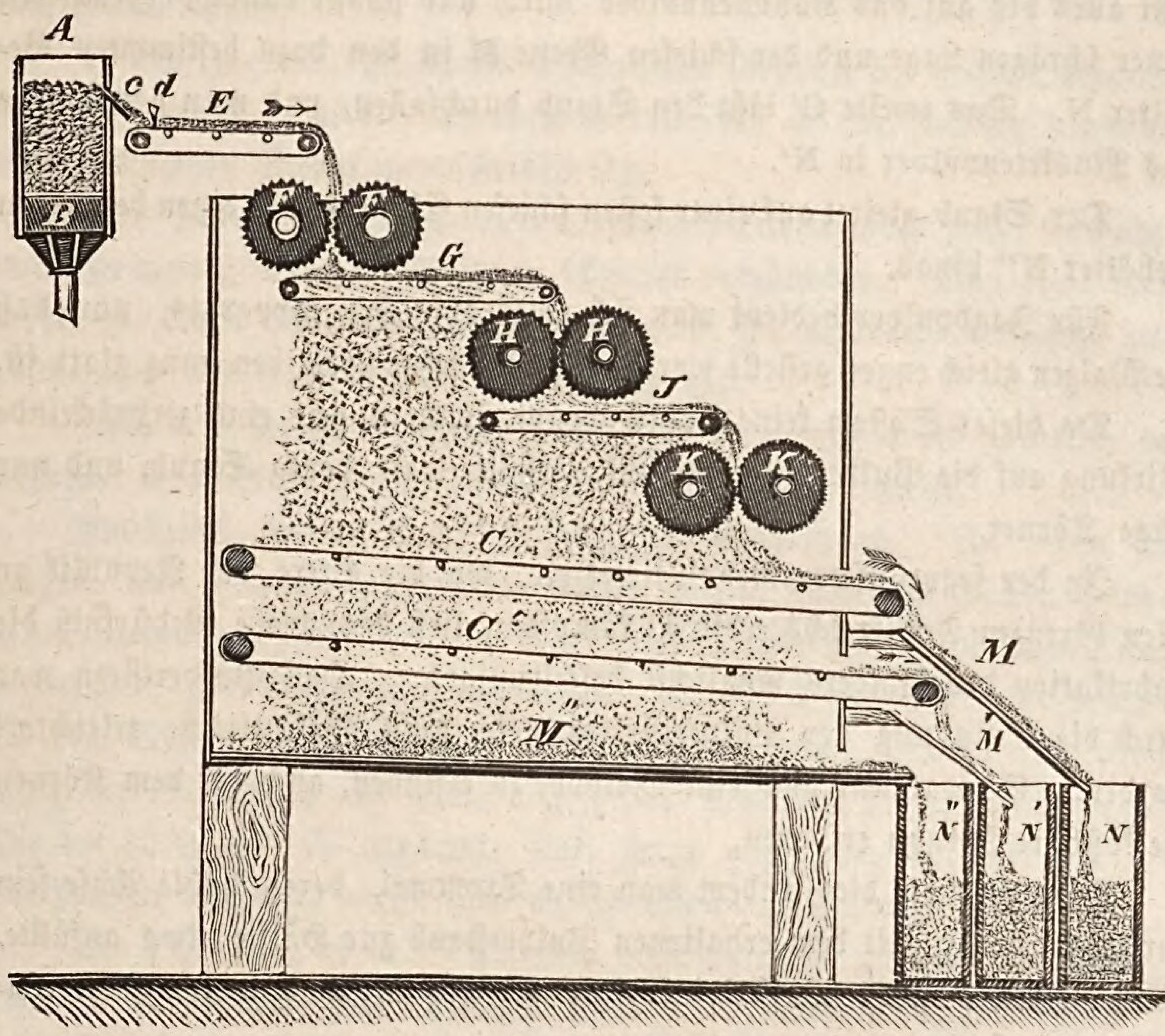
Einfacher, expeditiver und zweckmäßiger ist das englische Verfahren. (S. Fig. 42 p. 225.)

Denken wir uns ein paar eiserne Walzen, die mit sogenannten Diamantspitzen, d. h. flachen, vierseitigen Pyramiden, auf ihrer Oberfläche besetzt sind und deren Abstand von einander nur gerade so viel beträgt, daß die äußersten Spitzen der Erhöhungen dicht an einander vorüber gehen können, und nehmen nun an, daß dieselben mit mäßiger Geschwindigkeit gegen einander umgedreht werden, so müssen die dazwischen gebrachten Pulverkuchen dadurch auf vielfältige Weise zerdrückt und zerbröckelt werden.

In Waltham-Abbey sind drei solcher Walzenpaare FF, HH, KK, in schräger Richtung übereinander angebracht. Die obersten Walzen sind am

gröbsten gezähnt und stehen am weitesten auseinander, die untersten am feinsten und in entsprechender geringerer Entfernung.

Fig. 42.



Englische Pulverkörnmaschine.

Dem obersten Walzenpaare werden die gröblich zerschlagenen Pulverkuchen durch ein Tuch ohne Ende E, zugeführt, indem ein angebrachtes Streichmesser d für die möglichst gleichmäßige Vertheilung sorgt. Die Beschickung des Tuchs erfolgt aus einem mit Pulverbrocken angefüllten Kasten A, dessen Boden B beweglich ist, und allmälig in die Höhe steigt. Das durch sie gröblich zerbröckelte Pulver fällt auf zwei Systeme von Sieben ohne Ende, die aus Bändern von Drathgeflecht bestehen und durch die Maschinerie, welche sie fortbewegt, zu gleicher Zeit eine schüttelnde Bewegung erhalten.

Unmittelbar unter der ersten Walze befindet sich ein solches Sieb G, welches nur die Körner zurückhält, die grober als Kanonenpulver sind, und sie dem zweiten Walzenpaare zuführt. Unter diesem befindet sich ein zweites Sieb J, von ganz derselben Construction, welches das dritte Walzenpaar speist, das so nahe steht, daß nur Kanonenpulver durchpassiren kann.

Das zweite System von Sieben besorgt nun das Sortiren in Kanonenpulver, Musketenpulver und Staub. Das oberste C, auf welches alles fällt, was durch die zwei ersten Siebe und das dritte Walzenpaar gegangen ist, läßt alles bis auf das Kanonenpulver durch und schafft dasselbe vermittelst seiner schrägen Lage und der schiefen Ebene M in den dazu bestimmten Behälter N. Das zweite C′ läßt den Staub durchfallen, und man gewinnt so das Musketenpulver in N′.

Der Staub gleitet auf einer festen schiefen Ebene M″ in einen besondern Behälter N″ hinab.

Für Jagdpulver bedient man sich eines ähnlichen Apparats, nur daß die Walzen gleich enger gestellt werden und die letzte derselben ganz glatt ist.

Da dieses System keine zerknirschende, sondern nur eine zerbröckelnde Wirkung auf die Pulvermasse ausübt, erhält man wenig Staub, und nur eckige Körner.

In der französischen Revolutionszeit, wo die Heere der Republik an allen Grenzen Frankreichs erbittert kämpften, ließ das große Bedürfniß die Fabrikation des Pulvers möglichst beschleunigen. Das Pulverisiren war durch die Erfindung der Pulverisirtrommeln aufs Wesentlichste erleichtert worden. Es war nur noch eine Methode zu erfinden, auch bei dem Körnen die kostbare Zeit zu ersparen.

Man erreichte dies, indem man eine Trommel, deren hohle Achse fein durchlöchert war, mit dem erhaltenen Pulverstaub zur Hälfte etwa anfüllte, durch die Achse etwas Wasser einspritzte und die Trommel in langsame Umdrehung versetzte.

Jedes Tröpfchen wurde zu einem kleinem Pulverkorn, das sich beim weiteren Rollen lawinenartig vergrößerte. So erhielt man sehr gleichmäßige, runde Körner, die aber locker waren, und daher keine sehr große Kraft ausübten. Der Muth mußte eben das schlechte Pulver ersetzen.

Das gekörnte Pulver ist noch von mattem Aussehen und färbt ab, zieht auch leichter Feuchtigkeit an.

Es erfolgt daher bei besseren Pulversorten noch ein nachträgliches Poliren. Dieses wird erreicht, indem man dasselbe in eine mit feinem Stramin überzogene Trommel giebt, die alsdann in eine langsame Umdrehung versetzt wird. Indem die Pulverkörner über einander wegrollen, glätten und poliren sie sich gegenseitig, der abgeriebene Staub fällt durch die Löcher des Stramin's hindurch.

Das Pulver muß zu dieser Operation etwas, indessen nur sehr wenig angefeuchtet werden, und man erreicht diesen Punkt am besten, indem man

gleiche Mengen getrocknetes und noch feuchtes Pulver mit einander mischt. Die Pulvermasse erwärmt sich durch die Reibung nicht unbedeutend, wodurch leicht der Glanz etwas leidet; man muß daher wenigstens zuletzt sehr langsam rotiren lassen.

Durch Zugeben von feinem ceylon'schen Graphit bei dieser Operation, erhalten gewisse Pulversorten den metallischen Glanz, der sie kaum von manchem feinen Schrot unterscheiden läßt.

Das Pulver wird durch diese Operation dichter, aber auch, besonders durch zu weit getriebenes Poliren, schwerer entzündlich. Man thut daher wohl, mit dieser Operation aufzuhören, wenn die Pulverkörner nicht mehr abschmutzen und einen matten Schimmer zeigen.

Nach dem Poliren folgt das Trocknen. Dieses muß natürlich mit äußerster Vorsicht geschehen, damit keine Entzündung eintritt.

Am besten bedient man sich folgenden Verfahrens. In einen sehr großen, aus Brettern construirten Kasten werden an beiden Seiten Horden von Leinwand eingeschoben, auf denen das feuchte Pulver in einer Schicht von etwa 1 Zoll Höhe aufgeschüttet ist. Unterhalb dieses Kastens befindet sich ein System von kupfernen Dampfröhren, welche Dampf von atmosphärischer Spannung aus einem abgesondert stehenden Dampfkessel erhalten. Die auf 35°—40° C. erwärmte Luft steigt nach oben, beladet sich mit Feuchtigkeit und wird durch einen weiten Schlot abgeführt.

Die Trocknung ist in 24 Stunden vollendet; nur während 12 Stunden indessen wird Dampf zugelassen.

Das fertige Pulver wird in Blechbüchsen oder in doppelte, mit Papier ausgeklebte Fässer verpackt. Das für die Marine bestimmte Pulver, welches sehr vor Feuchtigkeit gesichert werden muß, kommt in kupferne Kästen, die ungefähr 1 Centner fassen.

Um den Werth eines Pulvers zu beurtheilen, genügt es häufig, sich von der Homogenität durch den Augenschein, von der Dichtigkeit durch das Nichtabfärben beim Reiben, von der richtigen Zusammensetzung durch das Abbrennen eines Häufchens Pulver auf einem glatten Papier zu überzeugen, wo dann nur ein unwesentlicher Rückstand bleiben und das Papier auch nicht anglimmen darf.

Bei genauerer Prüfung muß man indessen auf die sogenannten Pulverproben recurriren, um sich zu überzeugen, ob die entwickelte Explosivkraft eine hinreichend starke ist.

Von den vielen hierzu vorgeschlagenen Methoden erwähne ich vor allen die sogenannte Pendelprobe. Sie wird so angestellt, daß man durch

ein bestimmtes Gewicht des zu prüfenden Pulvers aus einer kleinen Kanone eine Kugel auf einen pendelartig aufgehängten Kasten schießt, der durch eine angeschraubte Eisenplatte vor Zerschmetterung geschützt ist. Der Kasten geht in eine Spitze aus, die sich in einer mit Wachs ausgegossenen Rinne bewegt und hierdurch die Größe des Ausschlages markirt, die der Kraft des Pulvers proportional ist. Auch kann man umgekehrt die Kanone aufhängen und den Rückstoß messen, der bekanntlich genau der Kraft gleich ist, welche der Kugel durch die Explosion mitgetheilt worden ist.

Die Analyse des Pulvers ist eine ziemlich schwierige Operation.

Man soll dasselbe zur Bestimmung des Salpeters mit Wasser auslaugen, den Auszug im Wasserbade zur Trockne verdampfen und wiegen.

Statt dessen bedient man sich besser der von Pelouze angegebenen, maaßanalytischen Bestimmung der Salpetersäure. Anstatt den Schwefel aus dem mit Wasser erschöpften Pulver durch trockene Destillation im Wasserstoffstrome zu entfernen und den Rückstand von Kohle zu wägen, ist es wohl besser, ihn entweder durch Schwefelkohlenstoff und Alkohol auszuziehen oder ihn durch Oxydation mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure in Schwefelsäure umzuwandeln, die alsdann durch Chlorbaryum bestimmt wird.*) Professor Weltzien in Karlsruhe hat in der neueren Zeit darauf hingewiesen, wie unvollständig die Pulveranalyse sei, wenn man nicht zugleich die Kohle durch eine organische Verbrennung auf ihren Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt prüft.

Das bis jetzt erwähnte Pulver ist schwarz, und es ist daher ein Herr Augendre auf den curiosen Einfall gekommen, auch ein weißes Pulver darzustellen, das aus einem Gemenge von chlorsaurem Kali, Blutlaugensalz und Zucker besteht, welche Bestandtheile sich ohne Gefahr mit einander mischen lassen sollen.

---

*) Vielleicht die zweckmäßigste Methode wäre folgende: Man mischt das Pulver mit etwas Zuckerkohle, reinem kohlensauren Kali und reinem Kochsalz, bringt es dann in eine Glasröhre und erhitzt es langsam bis zur völligen Zersetzung. Aller Schwefel wird an Kalium gebunden, zurückbleiben, und das erhaltene Schwefelkalium wird sich dann sehr bequem auf maaßanalytischem Wege bestimmen lassen. Man laugt den Pulverrückstand mit Wasser aus, setzt zu dem Filtrat etwas Essigsäure bis zur Neutralisation, und fügt ferner einige Tropfen Stärkekleister zu. Wird nun eine titrirte Jodlösung tropfenweise hinzugefügt, bis die Bläuung der Flüssigkeit einen Ueberschuß von Jod anzeigt, so ergiebt die bis dahin verbrauchte Menge Jod den Schwefel nach der Formel $J + SH = S + JH$.

Es ist zwar möglich, mit diesem Pulver zu schießen, es läßt indessen einen sehr bedeutenden Rückstand, greift die Gewehre sehr an und ist, was das Schlimmste ist, viel theurer als unser altes, schwarzes Schießpulver.

Mit diesem letzteren kann es ohne die größte Gefahr nicht gemischt werden, da das chlorsaure Kali mit Schwefel durch den Stoß sogleich explodiren würde.

Wohl den meisten meiner Leser wird die große Erregung erinnerlich sein, welche sich der Welt bemächtigte, als die Zeitungen die Erfindung der Schießbaumwolle verkündeten.

Diese Erfindung, ausgegangen von zwei Deutschen, Schönbein und Böttcher, obwohl sie in Kurzem den Lauf um die Welt gemacht, obwohl Tausende, Männer vom Fach und Laien, damit experimentirt und sich die Finger mit Salpetersäure gelb gefärbt haben, hat dessen ungeachtet nicht vermocht, das alte Pulver zu verdrängen.

Obwohl die erwähnten Herren ihr Geheimniß nicht publicirt haben, ist doch durch Dr. Knop in Leipzig und Andere das wenigstens festgestellt worden, daß man durch Eintauchen von Holzfasersubstanzen, am Besten von Baumwolle, in ein Gemenge von stärkster rauchender Salpetersäure und concentrirter Schwefelsäure, sorgfältiges Auswaschen und Trocknen, ein Präparat erhält, das, obwohl im äußern Ansehen von der gewöhnlichen Baumwolle nicht verschieden, doch beim Annähern einer Flamme mit großer Heftigkeit explodirt, ohne einen bemerklichen Rückstand zu hinterlassen.

Die Pflanzenfaser besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, letztere zu gleichen Aequivalenten im Verhältniß der Wasserbildung. Ihre Formel ist $C^{12}H^{12}O^{12}$.

Wie ich im vorigen Kapitel erwähnt, besteht die Wirkung der Salpetersäure auf organische Stoffe in vielen Fällen darin, daß der Wasserstoff derselben sich mit einem Aeq. Sauerstoff der Salpetersäure verbindet, und daß der Atomenrest NO^4 an seine Stelle tritt.

Dies ist auch bei der Baumwolle der Fall. Leider haben die Schwierigkeiten der Analyse, sowie auch der Umstand, daß wahrscheinlich mehrere Verbindungen dieser Art gebildet werden oder ein Theil der Faser unverändert bleibt, es unmöglich gemacht, zur Evidenz nachzuweisen, wieviel Atome Wasserstoff durch NO^4 vertreten werden.

Jedenfalls steht indessen fest, daß bei der Explosion der Kohlenstoff zu Kohlensäure, aber auch theilweise zu Kohlenoxyd verbrennt, daß der rück-

ständige Wasserstoff Wasser bildet, und daß Stickstoff, daneben aber auch Stickoxyd und salpetrige Säure frei wird.*)

Die wässerige Feuchtigkeit, die sich nach mehrmaligem Schießen im Gewehre ansetzt, macht nicht allein die späteren Schüsse unsicher, indem die Baumwolle feucht wird und dann schlecht explodirt, sondern sie reagirt auch so stark sauer, daß sie das Rosten der Läufe ungemein befördert.

Die Bereitung der Schießbaumwolle, so unangenehm sie schon durch die Dämpfe des angewendeten Säuregemisches ist, bietet noch größere Gefahren bei dem schließlichen Trocknen, wenn dabei nicht ganz niedrige Temperaturen angewendet werden.

Besonders leicht entzündet sich die Schießbaumwolle durch den Schlag. Ein damit gefüllter Munitionswagen würde durch jede einfache Kanonenkugel in die Luft gesprengt werden, und es sind Unglücksfälle genug in die Oeffentlichkeit gedrungen, wo ein allzuheftiges Aufsetzen der Kugel ein Losgehen der Gewehre veranlaßt hat.

Die Schießbaumwolle läßt sich nur schwierig verpacken und trocken erhalten, und endlich wären die Ladungen abzuwiegen, statt abzumessen, was natürlich großen Zeitverlust veranlaßt.

Obwohl die feucht gewordene Schießbaumwolle, unähnlich dem Pulver, durch einfaches Trocknen ihre Wirksamkeit wieder erlangt, so läßt sich dies doch im Felde nicht leicht ausführen.

Endlich frägt es sich, ob sie nicht zu theuer zu stehen kommt.

Bei Sprengungen soll sie sich indessen, besonders mit etwas Salpeter gemischt, der den überschüssigen Kohlenstoff verbrennt, ganz geeignet gezeigt haben.

Die Schießfaser ist ein sehr vollkommener Isolator für die Electricität, und man kann aus einem Bogen Papier, der auf die angegebene Art behandelt ist, zollange Funken ziehen, wenn man ihn nach vorhergegangenem Erwärmen mit der Hand streicht.

Geeigneter als zum Schlagen von Wunden, hat sich die Schießbaumwolle oder vielmehr ihre Auflösung in Aether, das Collodium, zum Heilen derselben gezeigt.

Wenn man Baumwolle mit einem Gemenge von geschmolzenem Salpeter und concentrirter Schwefelsäure behandelt, so wird sie zwar weniger explosiv, als bei Anwendung freier Säure, löst sich aber dann fast vollständig in einem Gemenge von absolutem Alkohol und Aether zu einer

*) Merkwürdiger Weise wird auch eine kleine Quantität Blausäure gebildet.

dicklichen Flüssigkeit, die beim Aufstreichen auf eine glatte Fläche zu einem durchsichtigen, glasglänzenden Häutchen eintrocknet, das für Wasser und Gase undurchdringlich ist und sich nebenbei äußerst electrisch und verbrennlich zeigt.

Oberflächliche Hautwunden damit bestrichen, heilen leicht, indem sie vollständig vor der Luft geschützt sind.

Verbreitet man eine etwas verdünnte Lösung des Collodiums auf der inneren Oberfläche eines weitmündigen Glaskolbens, gießt den Ueberschuß aus und bringt dann durch Aussaugen der Luft oder durch Hineinblasen mit einem Blasebalg, den Aether zum Verdunsten, so läßt sich mit einiger Geschicklichkeit das entstandene dünne Häutchen in Form eines kleinen Ballons herausziehen, der so leicht ist, daß er selbst bei sehr kleinen Dimensionen durch Füllung mit Leuchtgas zum Steigen zu bringen ist.

Auch in der Photographie hat das Collodium Anwendung gefunden. Wenn man dasselbe mit einer alkalischen Jodammoniumlösung versetzt und dann auf einer geschliffenen Spiegelplatte eintrocknen läßt, so erhält man durch Eintauchen dieser Platte in eine Lösung von salpetersaurem Silber, eine höchst feinvertheilte Schicht Jodsilber, die das Bild der Camera obscura aufzunehmen vortrefflich geeignet ist.

Zum Entzünden des Pulvers bediente man sich zuerst der Lunte, ein Verfahren, das sich im Princip beim Sprengen theilweise bis heute erhalten hat. Später diente zum Abfeuern der Gewehre der Funken, welcher durch Reibung von Schwefelkies an Stahl, dann durch Schlagen von Stahl auf Feuerstein erhalten wurde.

Endlich im Anfange dieses Jahrhunderts ging man zu der Percussionszündung, anfangs nur bei Gewehren, endlich auch bei Geschützen über.

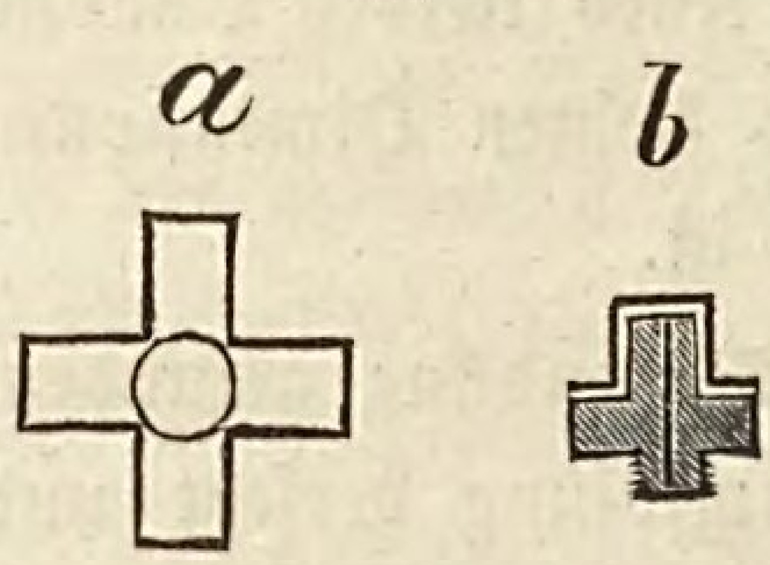
Es giebt, wie oben angeführt, verschiedene explosive Substanzen und Mischungen in der Chemie, welche durch Reibung oder Schlag explodiren.

In vielen der angewendeten Präparate finden wir Gemenge von chlorsaurem Kali mit Schwefel oder Schwefelantimon, Schießpulver &c. Ein solches ist z. B. auch die Masse, welche in den Zündnadelgewehren angewendet wird. Unmittelbar hinter der Kugel folgt ein aus Papier zusammengewickelter sogenannter Spiegel, in dessen Mitte eine Art flaches Hütchen eingetrieben wird, welches obige Mischung aus chlorsaurem Kali, Schwefelantimon und Schießpulver enthält, die zur Steigerung der Entzündlichkeit mit einigen Tropfen Salpetersäure befeuchtet worden ist. Darauf folgt die mit Pulver gefüllte Patronenhülse, die unten durch ein aufgeleimtes

Papierscheibchen verschlossen ist. Die Zündnadel sticht beim Abfeuern durch das Pulver durch und trifft das explosive Gemisch im Hütchen, wodurch dann die Entzündung erfolgt.

Die Masse in den so vielfältig angewendeten Zündhütchen besteht aus 6 Theilen chlorsaurem Kali und 1 Theil Schwefel, die für sich fein gerieben und dann durch Sieben innig vermischt werden. Die Hütchen, in welche die Mischung eingefüllt wird, werden aus dünnem, sehr zähem Kupferblech gefertigt, indem man dasselbe zuerst durch Einlassen zwischen zwei scharfen Walzenkanten in schmale Streifen schneidet, dann abbeizt, und nun Plättchen mit 4 kurzen Lappen, (s. Fig. 42 a.), durch ein kleines Fallwerk ausschlägt, die auf einem zweiten in einer vertieften Form zu Hütchen geformt werden. Auf einer Drehbank mit frei hervor stehendem Dorne, werden sie durch Drücken mit einem Stahle noch inniger vereinigt.

Fig. 43.



Zündhütchen.
a das ausgeschlagene Kupferplättchen.
b das fertige Hütchen auf dem Piston sitzend.

Bei den englischen Militärzündhütchen werden diese Lappen länger gehalten, und das fertige Hütchen zeigt dann den Querschnitt b, wodurch das Aufsetzen wesentlich erleichtert wird.

Diese Hütchen werden nun auf einer glatt abgehobelten Stahltafel mit entsprechenden, reihenweise angeordneten Vertiefungen eingesetzt.

Man schiebt diese nunmehr in eine Maschine ein, in welcher sich zwei ähnliche, genau auf einander geschliffene Stahlplatten befinden, die der Anordnung der Hütchen entsprechend, mit feinen durchgehenden Löchern durchbohrt sind. Rücke ich die mittelste Platte etwas zur Seite, so bilden die Durchlöcherungen der obersten Platte kleine geschlossene Vertiefungen die nun mit dem Zündpulver gefüllt werden, indem man dasselbe auf der Platte mit einer Feder vertheilt und den Ueberschuß abkehrt. Schiebe ich nunmehr die mittelste Platte wieder in die erste Stellung zurück, so fällt die genau abgemessene Menge Zündpulver in die Hütchen, und wird später durch einen Tropfen Schellaklösung oder ein kleines Kupferplättchen befestigt.

Auch die letztere Operation läßt sich mit einer einfach construirten Maschine sehr schnell und in großen Massen ausführen.

Die Masse aus chlorsaurem Kali und Schwefel greift bei ihrer Explosion die Metalltheile sehr an und es wird daher auch wohl statt derselben Knallquecksilber angewendet, das außerdem noch sicherer und energischer explodirt. Diese Verbindung, das knallsaure Quecksilberoxyd, Cy^2O^2+2HgO,

entsteht, indem man Quecksilber unter Erwärmen in überschüssiger Salpetersäure auflöst und dann etwas starken Alkohol zusetzt. Es erfolgt ein stürmisches Aufbrausen, es entweicht viel Aldehyd, salpetrigsaures Aethyloxyd, auch eine kleine Quantität Blausäure, und beim Erkalten setzen sich weiße Kristalle von Knallquecksilber ab. Diese Verbindung ist darum merkwürdig, weil sie eine Säure enthält, die dieselbe Zusammensetzung hat, wie die Cyansäure, die in Verbindung mit Ammoniak den Harnstoff darstellt, indem der einzige Unterschied darin besteht, daß in der Knallsäure zwei Atome Cyansäure zu einem Atom vereinigt sind.

Dem berühmten J. v. Liebig, dessen erste Arbeit diese höchst gefährlichen knallsauren Salze betraf, ist es vor mehreren Jahren, freilich auf einem Umwege gelungen, aus diesem Knallquecksilber Harnstoff, wie ihn unser Harn enthält, darzustellen.

Die Knallsäure entsteht aus den Elementen des Alkohols und der salpetrigen Säure nach folgender Formel:

Alkohol $= C^4H^6O^2$

2 Atome salpetrige Säure; $= N^2O^6$

$C^4N^2O^2$ (Knallsäure) + 6HO (Wasser.)

Liebig hat augenblicklich Knallquecksilber erhalten, indem er in eine mit Alkohol versetzte Auflösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd salpetrige Säure hineinleitete.

Die Kristalle müssen mit etwas Salpeter unter Wasser verrieben werden, worauf der feuchte Brei in die Hütchen eingefüllt wird.

Diese Art Hütchen greifen die Pistons weniger an, sie haben aber den Nachtheil, daß beim Feuchtwerden das Knallquecksilber leicht heraus kristallisirt, und daß diese Kristalle nun so leicht explodirbar sind, daß selbst durch den gelinden Druck, welcher durch Ausdehnung des Pistons in der Wärme entsteht, das Gewehr losgehen kann. Es liegen traurige Fälle der Art genug vor, die nur hierdurch ihre Erklärung finden können.

Die verschiedenen Arten der Zündung, die bei Geschützen und anderen Kriegsapparaten stattfinden, lassen sich meistens auf die erwähnten Sätze zurückführen, die durch Stoß, Schlag oder Quetschung entflammt werden.

Einige wenige Zünder, so z. B. die bei den Höllenmaschinen vor Kronstadt angewendeten, beruhen auf der Eigenschaft der concentrirten Schwefelsäure, ein Gemenge von chlorsaurem Kali, Zucker und Schwefel zum Entflammen zu bringen.

Diese Säure befindet sich dann gewöhnlich in einem dünnwandigen Glaskügelchen eingeschlossen, das mit dem angeführten Gemenge überzogen ist, und dessen Zerbrechen durch einen Stoß 2c. die Entzündung veranlaßt.

Die Anwendung der Percussionszündung verstärkt die Kraft des Schusses bedeutend, einmal weil keine Gase mehr durch das Zündloch entweichen können, andererseits, weil durch die kräftig eindringende Flamme das Pulver fast gleichzeitig in allen seinen Theilen zur Entzündung gebracht wird.

Zum Minensprengen hat man sich in neuester Zeit mit großem Erfolge der Zündung durch den galvanischen Strom bedient.

Bis jetzt und noch heut zu Tage werden die mit dem Meisel durch langes Daraufschlagen gebohrten Sprenglöcher zur Hälfte mit losem Pulver angefüllt, alsdann die sogenannte Räumnadel eingeführt, und das Loch nun durch Eintreiben von Felsbrocken oder Thon verstopft. Schon beim Herausziehen der Nadel treten oft Unglücksfälle ein, indem dieselbe an dem Gestein Funken reißt, die indessen durch Anwendung kupferner Räumnadeln vermieden werden können. Durch das so reservirte Loch wird nun ein mit Pulver gefüllter Strohhalm eingeführt, an welchem ein Stück Schwamm befestigt ist. Der Arbeiter entzündet denselben, und entfernt sich schleunig. Begreiflicher Weise läßt die Explosion oft lange auf sich warten, und wenn sie dann schließlich doch erfolgt, wenn der Arbeiter hinzugegangen, um zu sehen, ob der Schwamm verlöscht, so büßt derselbe nur zu häufig das Leben oder wenigstens seine gesunden Gliedmaaßen ein.

Alle diese Uebelstände sind durch die galvanische Entzündung vermieden.

Man construirt sich zuerst eine Zündpatrone von Pappe oder Blech, und führt in sie, nachdem man sie zur Hälfte mit Pulver gefüllt, zwei neben einander gelegte Kupferdrähte ein, die durch Guttapercha isolirt sind.

Die frei hervorstehenden Enden sind möglichst einander genähert, und durch einen feinen Platin- oder Eisendraht mit einander verbunden.

Werden ihre vordern Enden mit einer starken großplattigen galvanischen Batterie in Verbindung gebracht, so wird der feine Draht, durch den galvanischen Strom ins Glühen versetzt, das ihn umgebende Pulver entzünden.

Man umwickelt denselben mit Schießwolle, füllt die Patrone mit Pulver voll, verschließt sie und stellt sie in den Minenraum, der nun mit

losem Pulver angefüllt und am besten durch Aufschütten von lockerem Sand verschlossen wird. Es ist merkwürdig, daß eine solche Sandsäule bei irgend beträchtlicher Höhe viel weniger leicht ausgestoßen wird, als ein fester Pfropfen, wahrscheinlich wegen ihrer großen Reibung an den Gesteinswänden.

Die Arbeiter können sich ruhig entfernen, und die Mine kann dann aus einer sichern Entfernung durch Schließen der Batterie abgefeuert werden.

Practische Versuche, die ich selbst hiermit angestellt, lehrten mich, daß die alten Wollaston'schen Batterien oder Hare'schen Deflagratoren hierzu am zweckmäßigsten sind, da eben nur ein momentaner, sehr kräftiger Strom, wie man ihn durch das Eintauchen dieser großen Metallflächen in die verdünnte Säure erhält, verlangt wird.

Die constanten Bunsen'schen oder Grove'schen Ketten sind für derartige Zwecke unnöthig und für gewöhnliche Arbeiter schwierig zu handhaben.

Man wähle nicht zu lange und zu dünne Zuleitungsdrähte und sorge vor Allem für gute metallische Verbindung.

Besonders vortheilhaft ist der Umstand, daß die Entzündung in der Mitte der Ladung erfolgt, daß es ferner möglich ist, mehrere Minenlöcher zu gleicher Zeit abzufeuern, wodurch man eine wesentlich verstärkte Wirkung erzielt, und daß endlich auch die Möglichkeit vorliegt, Sprengungen unter Wasser vorzunehmen.

Achtes Kapitel.

Seifenfabrikation.

Der menschliche Körper stößt auf seiner Oberfläche beständig abgestorbene Epidermiszellen ab, die, durch die fettige Ausscheidung der Hauttalgdrüsen verkittet und mit dem mannigfaltigen unorganischen und organischen Staube vermengt, das bilden, was wir mit dem Namen Hautschmutz bezeichnen und das unser Gesicht, unsere Hände und Wäsche verunreinigt.

Bei den Thieren, besonders den Säugethieren, finden wir analoge Ausscheidungen, ich nenne nur den fettigen Wollschweiß, der bei besonders hochfeinen Schaafen bis zu 60 % des rohen Wollgewichtes ausmacht.

Auch bei andern Faserstoffen, z. B. der Seide, der Baumwolle, der Leinwand finden sich ähnliche unschöne, unrein gefärbte, organische Ueberzüge, die vor der Abgabe zum Verkauf entfernt werden müssen.

Alle diese Substanzen sind in kaltem Wasser fast gar nicht, in heißem oft nur schwierig löslich.

Dagegen zeigen die Alkalien in kohlensaurem, mehr noch in ätzendem Zustande eine starke lösende Kraft für derartige Substanzen.

Indem sie mit den fettigen Bestandtheilen eine Emulsion bilden, die harzigen theilweise klar lösen, legen sie die fein vertheilten Schmutzbestandtheile blos, die sich nun leicht wegspülen lassen. In der That werden Bäder von kohlensauren und ätzenden Kali und Natron zum Reinigen sehr schmutziger leinener und baumwollener Wäsche, zum Bleichen der Flachs- und Baumwollenfaser vielfach angewendet. Bei dieser Art Wäsche muß man indessen wollene und seidene Gegenstände vollkommen ausschließen, indem diese von den alkalischen Laugen, besonders beim Kochen vollständig aufgelöst werden würden.

In vielen Laboratorien wird zum Schluß der Tagesarbeit eine gründliche Reinigung der beschmutzten Hände mit kohlensaurem Kali vorgenommen.

Indessen bemerkt man bald ein unangenehmes Gefühl der Rauhheit der Haut, indem das Alkali seine Wirkung auch auf die lebendige Haut fortsetzt, und man kann sich davon nur durch ein nachträgliches Waschen mit verdünnter Schwefelsäure befreien, die nur die abgestorbenen Epidermisschichten auflöst. *)

Die Alkalien wirken demnach zwar vortrefflich auflösend auf den fettigen und harzigen Schmutz, setzen indessen ihre Wirkung zu gleicher Zeit auch auf die Substanzen thierischen Ursprungs fort, ja sie greifen im ätzenden, concentrirten und heißen Zustande sogar die Pflanzenfaser mehr oder weniger an.

Aus diesem Grunde ist es seit alter Zeit**) üblich gewesen, das Alkali nur in Verbindung mit Fett, als Seife anzuwenden.

Die Seifen sind fettsaure Alkalien, die durch Kochen der Fette mit Aetzalkalien erhalten werden. Die Constitution aller Fette ist schon bei der Beleuchtung, wo sie eine so wichtige Rolle spielt, erwähnt worden.

Um sie hier kurz zu recapituliren, so bestehen sämmtliche Fette aus Gemengen von Verbindungen der verschiedensten Fettsäuren mit Lipyloxyd.

Erwärme ich sie anhaltend mit starken Basen, Kali, Natron, Kalk, Bleioxyd, so scheidet sich das Lipyloxyd in Verbindung mit Wasser als Lipyloxydhydrat oder Glycerin aus, während die Fettsäuren, mit den angewendeten Basen vereinigt, die Seifen bilden.

Diese Fettsäuren sind nun so schwach sauer, daß sie den starken Alkalien ihre Reaction nicht vollständig entziehen können, wenigstens in soweit als diese Verbindungen in Wasser löslich sind. Fettsaurer Kalk, fettsaures Bleioxyd bläuen natürlich das Lackmuspapier nicht oder nur sehr unbedeutend.

Noch gesteigert wird diese Wirkung durch folgende Reaction:

---

*) Etwa 1 Theil Schwefelsäure auf 20 Theile Wasser. Ich kann diese Mischung allen meinen schönen Leserinnen als das beste Mittel zur Erhaltung einer weichen und zarten Hand empfehlen, muß indessen bemerken, daß die Schwefelsäure vor dem Abtrocknen mit reinem Wasser vollständig entfernt werden muß, wenn nicht die Handtücher leiden sollen.

**) Die Zeit der Entdeckung der Seife ist nicht mit Sicherheit zu constatiren. Was in der heiligen Schrift darüber vorkommt, kann richtiger auf Alkali gedeutet werden. Nausikaa's Waschfest in der Odyssee ist sicher ohne Seife gefeiert worden. Dagegen erwähnt Plinius die Bereitung derselben bei Galliern und Germanen aus Ziegentalg und Buchenasche.

Erwärme ich eine Alkaliseife mit einer kleinen Menge Wasser zum Kochen, so löst sie sich zu einer klaren, schleimigen Flüssigkeit auf, die mit überschüssigem Fett leicht eine Emulsion bildet. Dies ist der Vorgang bei dem den Hausfrauen wohlbekannten Kochen der Wäsche mit Seifenabschnitzeln, und es wirkt die Seife dabei analog mit andern schwach alkalisch reagirenden Salzen, wie z. B. dem Borax oder dem phosphorsauren Natron, die auch in neuerer Zeit, statt der kochenden Seifenlösung zum Entschälen der Seide in Vorschlag gebracht worden sind.

Füge ich aber zu einer solchen Seifenlösung eine größere Menge kaltes Wasser, so erfolgt eine partielle Zerlegung. Es bildet sich selbst bei destillirtem Wasser eine Trübung, die sich beim ruhigen Stehen in feinen Flocken absetzt und aus saurem fettsaurem Alkali besteht.

Die darüber stehende Lösung zeigt sich als eine Lösung des reinen Alkalis, die indessen zu verdünnt ist, um schädliche Wirkungen auszuüben.

Die Affinität der Fettsäuren ist demnach nicht groß genug, um der einen großen Menge Wasser zum Alkali ganz zu widerstehen.

Ob das fein vertheilte saure Salz vielleicht noch eine mechanische, abreibende Wirkung hat, lasse ich dahingestellt.

Es erscheint indessen wahrscheinlich, wenn man sich an ein Experiment erinnert, daß die Aufwärter in den Laboratorien täglich vornehmen müssen, wenn in denselben mit fetten Substanzen gearbeitet wird. Kohlensaures, selbst ätzendes Alkali genügt nehmlich nicht, um den fettigen Flaschen, Bechergläsern ꝛc. den gewünschten spiegelblanken Glanz wieder zu geben, und sie müssen daher noch kleine zerrissene Stückchen Fließpapier hineinwerfen und tüchtig damit schütteln, um durch die mechanische Wirkung derselben das Fett vollständig zu entfernen.

Die Zerlegung der Fette durch die Alkalien ist indessen kein so einfacher Proceß, als wenn ich z. B. Kupferoxyd durch Kali aus Kupfervitriol niederschlage. Sei es, daß die Berührung der wässrigen Lösung mit dem Alkali zu wenig innig, sei es, daß die Bildung des Glycerin's aus dem Lipyloxyd Zeit in Anspruch nimmt, jedenfalls steht es fest, daß der Verseifungsproceß nur allmählig vor sich geht.

Am raschesten erfolgt diese Zerlegung durch Kalkhydrat, wie es z. B. bei der Stearinsäurebereitung Anwendung findet, wahrscheinlich in Folge des teigigen Zustandes desselben, wodurch sich vielfältige Berührungspunkte bieten.

Der Chemiker, dem kaustisches Kali oder Natron im festen oder kristallisirten Zustande zu Gebote stehen, bewirkt die Verseifung durch einfaches

Zusammenschmelzen der Fette mit diesen Substanzen. Auch kann er sich mit Vortheil einer Auflösung der festen Aetzalkalien in absolutem Alkohol zu diesem Zwecke bedienen.

Der practische Seifenfabrikant ist aber durch die Natur der ihm zu Gebote stehenden Materialien gezwungen, mit Aufopferung von Zeit auf andere Reactionen seinen Proceß zu basiren. Es stehen ihm nur verdünnte und unreine Aetzlaugen zu Gebote, deren Reinigung und Concentration im Großen mit vielen Schwierigkeiten verknüpft wäre. Auch die angewendeten Fettstoffe sind mit mannigfachen mechanischen Verunreinigungen beladen. Trotzdem gelingt es doch, unter Berücksichtigung einiger sehr interessanten Eigenschaften der Fette und Seifen, aus diesen unreinen Materialien schöne, reine Seifen zu billigen Preisen herzustellen.

Diese Eigenschaften, von höchster Wichtigkeit für den Practiker, sind nun folgende.

Wird Fett mit Aetzlauge geschmolzen und gekocht, so bildet sich zuerst eine emulsionsartige Auflösung, in welcher man bald keine einzelnen Oeltröpfchen mehr bemerkt und die sich vielleicht als ein saures fettsaures Alkali oder auch als eine Doppelverbindung von fettsaurem Lipyloxyd und fettsaurem Alkali betrachten ließe, welche geneigt ist, immer mehr Alkali an die Stelle des Lipyloxyds treten zu lassen, bis endlich die Seifenbildung vollendet ist. Dieser emulsionsartige Zustand ist deshalb so wichtig, weil hierdurch die Berührung zwischen der wässerigen Flüssigkeit und dem Fett wesentlich erleichtert wird.

Bei weiterer Aufnahme von Alkali tritt die Bildung von Seifenleim ein, falls nämlich die Aetzlauge nicht zu concentrirt ist. Die neutrale Seife wird von starken Aetzlaugen nicht benetzt; es folgt daraus die Anwendung immer verdünnterer Lauge gegen das Ende der Operation.

Diese dünnen Laugen werden indessen bald erschöpft und um das rückständige Wasser durch Verdampfung zu entfernen, müßte man eine unverhältnißmäßige Menge Brennmaterial verschwenden. Dem wird nun auf's vortheilhafteste durch die merkwürdige Eigenschaft des Kochsalzes abgeholfen, selbst in ziemlich kleiner Menge zugesetzt, die neutrale Seife in fast trockenem Zustande auszuscheiden.

Erst Wasser, in welchem der Kochsalzgehalt bis auf 0,25 % zurückgegangen ist, löst Seife auf, ein Umstand, der die Seefahrer zwingt, das kostbare Trinkwasser zum Waschen zu verwenden, falls sie einmal ihre Wäsche mit Seife gründlich reinigen wollen.

Beide, Seife und Kochsalz, haben das Bestreben, sich mit Kochsalz zu verbinden. Jemehr daher das letztere vorwaltet, desto weniger Wasser wird bei der Seife bleiben.

Durch allmähliges Concentriren einer Kochsalzlösung, auf der Seifenleim schwimmt, kann ich demselben mehr und mehr Wasser entziehen und so Seife von immer geringeren Wassergehalt abscheiden, der endlich in der sogenannten Kernseife auf 10 bis 15% heruntergeht.*)

Andere lösliche Salze der Alkalien theilen, wenn auch in geringerem Grade, diese Eigenschaft mit dem Kochsalz, ohne doch zu so billigem Preise wie dieses beschafft werden zu können.

Erd- und Metallsalze fallen ganz aus dem Kreise der Anwendung, da sie die Seife sogleich zersetzen.

Die Unterlauge enthält das Glycerin und alle mechanischen und chemischen Verunreinigungen, die demnach sehr leicht und einfach durch Ablassen entfernt werden können.

Dieser physikalischen Wirkung des Kochsalzes steht eine zweite chemische von etwas geringerer Tragweite gegenüber.

Wird nämlich zur Seifenbereitung Aetzkalilauge angewendet, so wird man daraus nur eine weiche, schmierige, hygroscopische Kaliseife erzielen, wie sie als besonders ausgeprägtes Beispiel die grüne, russische Schmierseife darstellt. Durch Chlornatriumzusatz geht eine Doppelzersetzung vor sich, wodurch sich einerseits feste, harte Natronseife, anderseits Chlorkalium bildet, das in die Unterlauge geht und aus derselben durch Eindampfen und Calciniren gewonnen, ein wichtiges Bedürfniß der Salpeter- und Alaunfabrikation deckt.

Zu näherem Verständniß dieses wichtigen Industriezweiges der Seifenfabrikation wird es am Besten sein, nach einander die Darstellung der vorzüglichsten Seifensorten kurz zu erwähnen.

1. Ich beginne mit der uns am nächsten liegenden deutschen Talgkernseife, die auch wissenschaftlich das meiste Interesse erregt.

Das zur Verseifung angewendete Alkali ist Aetzkali und wurde früher allgemein, jetzt nur noch theilweise in holzreichen Gegenden aus Holzasche dargestellt, die bekanntlich reich an kohlensaurem Kali ist.

---

*) Was „Kernseife" ist, ist eben erwähnt worden. Bleibt durch Anwendung von verdünnterer Salzlösung mehr Wasser bei der Seife, so erhält man die sogenannte „geschliffene Seife", setzt man dagegen zu fertiger Kernseife, nach Entfernung der Unterlauge noch Wasser, so giebt dies „gefüllte Seifen."

Man muß sich hierbei besonders hüten, etwa durch ein Versehen Torf- oder Braunkohlenasche beizumengen, die durch ihren reichen Gehalt an Gyps einen großen Theil des kohlensauren Kali's in schwefelsaures Kali umwandeln würden.

Durch Aussieben werden die unverbrannten Holz- und Kohlentheilchen entfernt, die der Lauge eine braune Farbe ertheilen und dann der zum Aetzendmachen nöthige, gebrannte Kalk auf eine ziemlich rohe Weise beigemischt. Man schüttet die gesammelte Asche auf einem ebenen, gepflasterten Boden in einen Haufen zusammen und macht in die Spitze desselben eine Vertiefung, in welche man den nöthigen, gut gebrannten Kalk bringt und durch Besprengen mit Wasser zu einem staubförmigen Pulver löscht. Dies wird mit Asche bedeckt und dann der ganze Haufen tüchtig umgeschaufelt. So vorbereitet bringt man die Asche in die schon bei der Pottaschenfabrikation erwähnten Aescher und gewinnt daraus durch Aufgießen von kochendem Wasser ziemlich klare, ätzende Laugen von allmählig abnehmender Stärke. Die stärkste, welche c. 20° B. zeigt, heißt Feuerlauge, die vom zweiten Wasser herrührende von 11° B. wird Meisterlauge, endlich die schwächste von 5° B., Abrichtelauge genannt.

Ein Anreichern der beiden letzteren durch Wiederaufgießen auf einen frisch beschickten Aescher findet nicht statt, indem man bei den verschiedenen Operationen gerade Laugen von verschiedener Stärke braucht.

Gewöhnlich wird zum Aufgießen heißes Wasser angewendet, obgleich dadurch die Lauge mit schwefelsaurem Kali verunreinigt wird. Da dies indessen die Seifenbildung nicht hindert, außerdem aber in der Unterlauge wieder gewonnen wird, so hat dies nichts zu sagen, außer etwa, daß der Schluß auf den Alkaligehalt aus dem spec. Gewichte dadurch unsicher wird. Dies erscheint nebenher ziemlich unwichtig, da doch der ganze Proceß mehr nach qualitativen Reactionen, als nach Maaß und Gewicht geleitet wird.

Bei der sich immer mehr verbreitenden Ersetzung der Holzasche durch Pottasche fühlt man sich versucht, der Darstellung der Aetzlauge durch Kochen mit Kalk das Wort zu reden.

Man darf aber freilich nicht vergessen, daß Kalk dem kohlensauren Kali in der Wärme nur dann die Kohlensäure entzieht, wenn dasselbe in mindestens der 12fachen Menge Wasser gelöst ist. Man müßte ferner besondere Kessel zum Kochen, besondere Gefäße zum Absetzen des kohlensauren Kalks 2c. haben.*)

*) Die Gefäße zur Aufbewahrung von starken und heißen Alkaliauflösungen

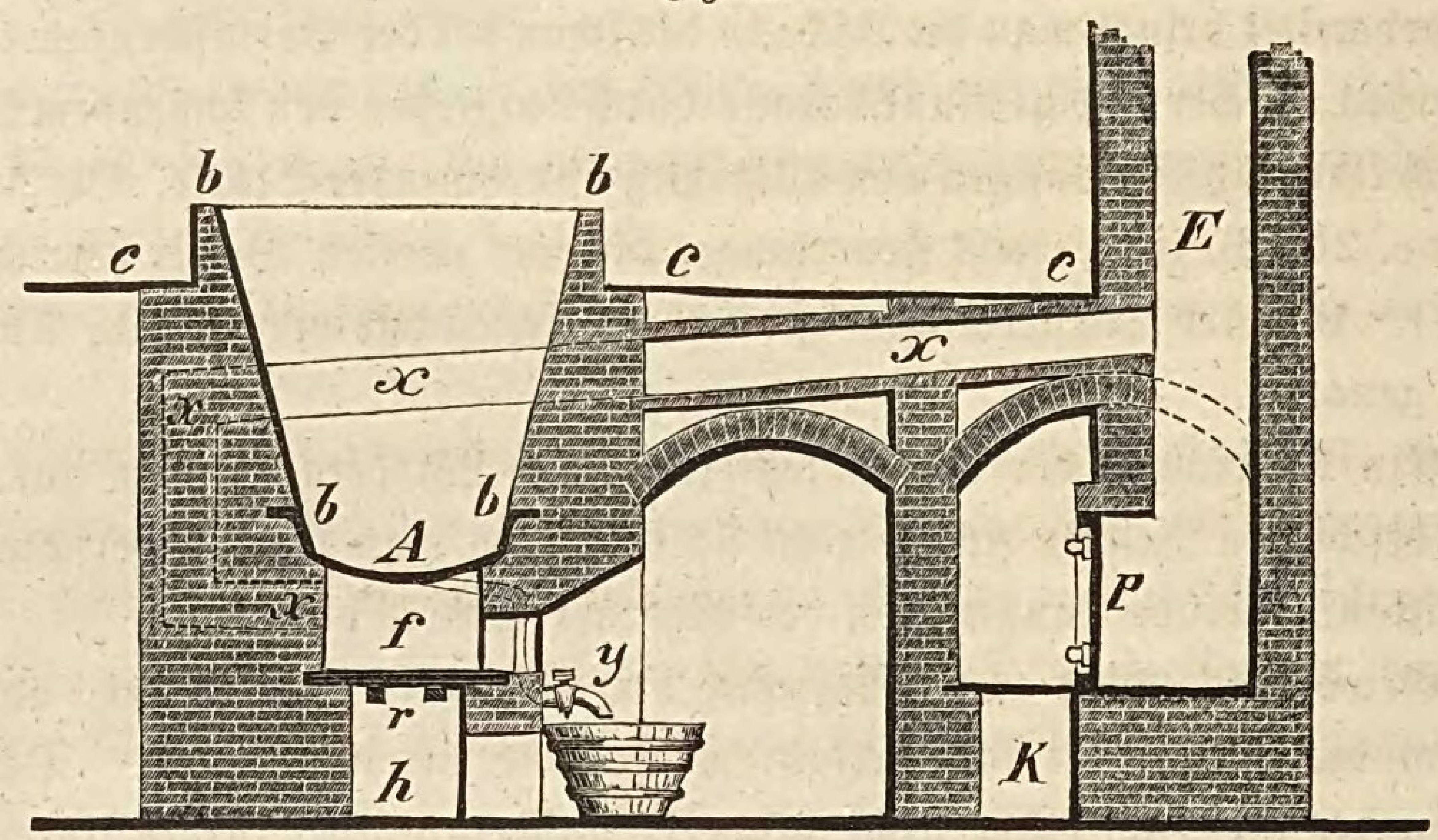
Alle diese Gründe rechtfertigen das Festhalten der Seifensieder an ihrer alten Aeschermethode.

Die Pottasche wird meistens mit Holzasche gemengt verarbeitet, indem dadurch die Erzeugung klarer Laugen sehr erleichtert wird.

Wo dies nicht angeht, wird wenigstens eine Lage Kohlenklein auf den falschen Boden des Aeschers gebracht, durch welches die Lauge klar filtrirt.

Das zu verseifende Fett, als welches man gewöhnlich den weicheren, unausgelassenen Rindstalg, sonst aber auch andere beim Lichtziehen, in den Küchen ꝛc. gesammelte Fettabfälle anwendet, wird nun zum Schmelzen in den Seifensiedekessel gebracht. Derselbe wird überall in ziemlich ähnlicher Construction, wenngleich in sehr verschiedenen Dimensionen ausgeführt.

Fig. 44.



Seifenkessel.
A der Kessel, bb der Sturz, f Feuerrohr, x Rauchrohr, E Esse, P Kamin, cc Fußbodenplatte.

Er besteht in seinem untern Theile aus einem runden eisenblechernen Kessel A mit flachem Boden, der durch das Feuer direct erhitzt wird. Da die Seife beim Aufkochen sehr steigt, so ist er gewöhnlich mit einem nach oben kegelförmig sich erweiternden Sturz bb von Holzdauben oder Mauerwerk umgeben. Am Boden befindet sich zweckmäßig ein durch das Mauerwerk reichendes Rohr y mit Hahn zum Ablassen der Unterlauge, welches indessen

müssen entweder von Eisenblech zusammengenietet oder aus in Cement gelegten Steinen aufgemauert werden. Letztere haben sich bei sorgfältiger Ausführung als absolut laugendicht bewährt. Die Anwendung von hölzernen Gefäßen für heiße und concentrirte Laugen bringt den großen Uebelstand mit sich, daß dieselben nur schwierig dicht zu halten sind, wahrscheinlich, indem durch die Lauge dem Holze Wasser entzogen wird und es dadurch bedeutend schwindet.

auch häufig fehlt, wo es dann durch ein langwieriges Ueberschöpfen der Seife in einen daneben stehenden Kühlbottich ersetzt werden muß.

Wenn die Frage aufgeworfen wird, ob nicht das Seifenkochen durch Dampf bewirkt werden könne, so kommt natürlich das directe Einströmen von Dampf nicht in Betracht, indem die Lauge durch das condensirte Wasser zu sehr verdünnt werden würde. Eine Heizung mittelst Schlangenröhren und Dampf von niederer Spannung kann gleichfalls nicht angewendet werden, da zur Verseifung ein ziemliches heftiges Sieden des Gemisches erste Bedingung ist, da hierdurch allein das so nöthige Mischen der Ingredienzien erreichbar ist.

Sollte man endlich bei größeren Anlagen die Kosten eines Hochdruckdampfkessels nicht scheuen und mit Dampf von mehreren Atmosphären Spannung das Kochen erzwingen, so würde man am Ende auch nur geringe Vortheile von dieser Art Heizung erzielen. Die bei diesen Vorschlägen zu Grunde liegende Furcht vor dem Anbrennen ist ungegründet, da das Anhängen des Seifenleims an den Kesselboden sehr einfach durch etwas starke Lauge oder durch Zusatz kleiner Mengen Kochsalz vermieden werden kann.

Nach dem Schmelzen des Fettes beginnt mit dem Zusatz von Feuerlauge der Proceß des Kochens auf Seifenleim.

Man giebt unter gelindem Erhitzen so lange Lauge zu, bis das Fett zu einer leimartigen Masse sich aufgelöst hat. Ein Tropfen davon auf Spiegelglas darf sich beim Erkalten nur unbedeutend trüben, besonders aber keinen Fettrand ausscheiden. Ist dies noch der Fall, so muß noch Lauge zugegeben werden.

Ein unvorsichtiger Zusatz von zuviel Lauge könnte indessen ebenfalls eine Trübung, wenn auch etwas anderer Art bewirken, indem dadurch eine Abscheidung der fertigen Seife stattfinden würde. Ist die Lauge zu kalkhaltig, so wird eine ähnliche Trübung, diesmal aber durch Bildung einer Kalkseife stattfinden.

In diesem Seifenleim ist das Fett noch keineswegs mit Alkali gesättigt, jedenfalls enthält er aber noch zu viel Wasser, durch welches die neu zugesetzte Lauge zu sehr verdünnt werden würde.

Eine Beseitigung desselben durch Abdampfen erscheint unthunlich.

Man schreitet daher zum Aussalzen. Hierdurch wird einerseits die Kaliseife in eine Natronseife verwandelt, andrerseits die Seife selbst, in Verbindung mit mehr oder weniger Wasser ausgeschieden. Man setzt so lange Kochsalz zu, bis die Flüssigkeit vom eingetauchten Rührscheite nicht mehr in

zähen Fäden sich herabzieht, sondern in weißlichen, mit Wasser gemengten Flocken herabfällt.

Die Unterlauge, welche das Glycerin und fast sämmtliche färbende Bestandtheile enthält, wird abgelassen.

Man fügt nun von Neuem Aetzlauge hinzu, die indessen gewöhnlich nicht die Stärke hat, als die zuerst angewendete, und wiederholt nach erneutem Kochen nöthigenfalls das Aussalzen, um das überschüssige Wasser weg zu schaffen.

Die letzten Mengen Alkali werden von der Seife nur noch schwierig aufgenommen, und die Lauge zeigt dann keine Abnahme der Alkalinität. Je nach der Zahl dieser abwechselnden Behandlungen mit Lauge und Kochsalz sagt man: die Seife sei auf dem ersten, zweiten — fünften Wasser gesotten.

Die öftere Wiederholung dieses Verfahrens ist nur bei schwachen und unreinen Laugen nöthig.

Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so schreitet man zu dem sogenannten Klarsieden. Dies besteht in einem schließlichen Aussalzen, bei dem man zugleich den Wassergehalt der Seife regulirt.

Man könnte den Wassergehalt der Seife zu dieser Zeit bestimmen und danach den nöthigen Kochsalzzusatz berechnen. Da dies indessen in der Praxis schwer auszuführen wäre, so zieht man vor, nur so viel Kochsalz zuzusetzen, daß die Seife eben abgeschieden wird und nun durch Einkochen das Wasser so weit zu entziehen, bis der gewünschte Wassergehalt erreicht ist.

Der Arbeiter wird dabei besonders durch die verschiedenen Formen des Siedens geleitet, die, wie ihn eine lange Erfahrung kennen gelehrt hat, innig mit dem Wassergehalte der Seife zusammen hängen. So lange noch ein Ueberschuß von Wasser vorhanden, siedet die Seife schaumig oder zach; bei weiterm Fortschreiten der Verdampfung beginnt sie sich in plattenförmigen Gestalten über einander zu schieben. Im dritten Stadium entweicht der Dampf mit Heftigkeit, er pfeift oder die Seife poltert auf, und jetzt ist es Zeit, wenn man Kernseife haben will, Probe zu nehmen. Wenn die abgeschiedene Seife sich zu einem festen Spahne ausdehnen läßt und sich nicht mehr auf der Hand verschmiert, ist die Operation geendet; man löscht das Feuer und kann zum Ausfüllen in die Kühlbütte schreiten.

Bei den jetzt leider nur zu häufig angewendeten, geschliffenen Seifen läßt man die Operation nicht so weit vorschreiten, was sich indessen glücklicherweise leicht durch das Ausbleiben der Marmorirung verräth.

Selbst die reinsten Aetzalkalien enthalten immer genügend Eisen- oder Kupferoxyd, um bei der Seifenbildung neben der schmelzbaren und löslichen

Alkaliseife noch unlösliche und gefärbte Metalloxydseifen zu geben, welche dieselbe durch alle Operationen des Aussalzens ꝛc. begleiten und sich erst in der Kühlbütte in sogenannten Marmorirungen ausscheiden.

Ist die Seife indessen zu wasserhaltig, so erstarrt sie zu langsam, und die Unreinigkeiten gewinnen Zeit, sich abzusetzen.

Indem sich bei Anwendung der meist schwefelhaltigen, künstlichen Soda schwarzgrünes Schwefeleisen bildet, zeigt die frische Seife häufig graugrüne Marmorirungen, die erst mit der Zeit eine rothbraune Farbe annehmen.

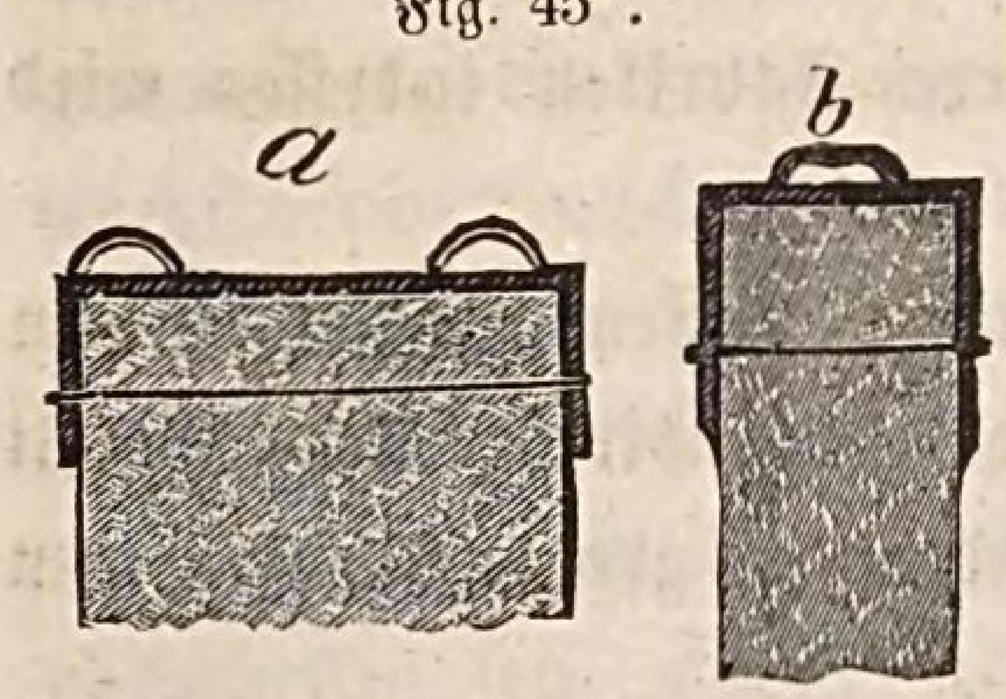
Die charakteristische Marmorirung der Kernseife kann durch vorsichtiges Schlagen beim Erkalten besonders deutlich hervorgerufen werden. Durch stärkeres Rühren wird sie unverständiger Weise ganz zerstört und man erhält nur eine gleichförmig schmutzig gefärbte Seife.

Die künstliche Marmorirung geschliffener Seifen durch Zinnober und Ultramarin ist leicht zu erkennen.

Die Kühlbütten, in denen die Seife erstarrt, sind viereckige, aus Bohlen zusammengesetzte und durch Keile oder Schrauben zusammengehaltene Kästen. Ist die Seife darin vollständig hart geworden, so entfernt man die Seitenwände und zertheilt den soliden Seifenblock gewöhnlich durch einen ausgespannten feinen Messingdraht in Platten und Riegel.

Am schnellsten geht diese Manipulation, wenn man dazu zwei mit Handhaben versehene Kästchen anwendet, die unten offen sind und zwischen deren Längsseitenwänden ein feiner Messingdraht ausgespannt ist. (S. Fig. 44.)

Fig. 45.



Seifenschneider.
a Zertheilen in Platten, b in Riegel.

Der Abstand desselben vom Deckel bestimmt die Stärke der abzuschneidenden Platten und Riegel.

Indem diese Kästchen über die Seifenblöcke hinwegezogen werden, zertheilt man dieselben auf die rascheste und regelmäßigste Weise.

100 Pfund Talg geben 150 Pfund Kernseife, frisch vom Schnitt weg gewogen.

Die 50 Pfund Ueberschuß bestehen etwa zu 15 Pfund aus Alkali und zu 35 Pfund aus Wasser.

2. Die Baumölseife, Marseiller Seife. Diese auch unter dem Namen Sapo medicatus officinell angewendete Seife besteht größtentheils aus ölsaurem und margarinsaurem Natron und wird in äußerst großen Mengen in Frankreich aus Olivenöl und Soda erzeugt. Die französische Seifenindustrie war besonders im baumlosen Süden schon lange auf die

Asche der Strandpflanzen, die Barilla, demnach auf das Natron als verseifendes Alkali hingewiesen.

Als Fettmaterial wurden die geringeren Sorten von Olivenöl benutzt. Was von diesen Producten an den Küsten des Mittelmeeres erzeugt wurde, fand seinen natürlichen Stapelplatz in Marseille, und es erblühte daselbst schon unter Colberts Ministerium eine ausgedehnte Seifenindustrie.

Der schwere Schlag, der durch die Blokade der französischen Küsten zur Zeit der Republik und unter Napoleon dieser Fabrikation den Untergang drohte, wurde sehr glücklich durch die Erfindung der künstlichen Soda parirt, und so sehen wir sie noch heute im großartigsten und schwungreichsten Maaßstabe in Marseille ausgeübt.

Die Anwendung der Soda macht das Kochsalz nur in soweit entbehrlich, daß es der Seife nicht mehr das Natron im Umtausch gegen das Kali zu liefern hat. Für das Abscheiden der Seife aus dem Seifenleime, für das eigentliche Aussalzen, bleibt es unverändert nothwendig.

Die hohe Besteuerung, der noch heut zu Tage das Kochsalz in Frankreich unterliegt, macht es gewinnbringend, statt des reinen Kochsalzes sich hierzu einer stark salzhaltigen Soda zu bedienen, die unter dem Namen Soude salée besonders angefertigt wird. Die Seifensieder können dieselbe von den Sodafabrikanten um deswillen billiger geliefert erhalten, weil für die Sodaerzeugung jener hohe Salzpreis ermäßigt ist. Dadurch erleidet indessen der ganze Proceß der Verseifung eine kleine Veränderung.

Die Bereitung der Sodaätzlauge ist ganz ähnlich, wie die der Kalilauge aus der Pottasche. In manchen größeren Fabriken indessen wird häufig auch der heiße Weg angewendet.

Die Benutzung der rohen Soda ist jetzt ganz verlassen worden, indem statt derselben die calcinirte vorzugsweise angewendet wird. Man erzielt Laugen von 20°, 10° und 5° B., die gesondert in großen gemauerten Cisternen aufbewahrt werden.

Bei dem eigentlichen Seifekochen lassen sich, wie oben bei der Talgkernseife, verschiedene analoge Abschnitte unterscheiden.

Das Versieden, die Emulsionsbildung wird mit mittelstarker Lauge vorgenommen, der nur gegen Ende der Operation etwas starke Lauge zugefügt wird, um das Anbrennen zu vermeiden.

Hierauf folgt das Aussalzen mit salzhaltiger Lauge, endlich das Klarsieden.

Dies geschieht mit starker Lauge, die aber so kochsalzhaltig ist, daß die Seife ausgeschieden bleibt. Häuft sich das Kochsalz gegen das Ende der

Operation zu sehr an, so muß die Unterlauge zum Theil entfernt werden, um nicht das Benetzen der Seife durch die Lauge gänzlich zu verhindern.

Ist auf den Kern fertig gesotten worden, so wird häufig, nach Ablassen der Unterlauge, der Kern mit frischer schwacher Lauge besprengt; er nimmt alsdann Wasser auf, und man erhält so mehr oder weniger gefüllte Seife.

Die überschüssige Lauge läuft in den Kühlkästen ab. Eine künstliche Marmorirung wird durch Zusatz von etwas Eisenvitriol erzeugt.

3. Die englische Palmölsodaseife. Die Entdeckung der künstlichen Soda hatte zwar das Alkali billiger gestellt, aber auch durch den Mehrverbrauch der Seife den Preis des Fettes bedeutend gesteigert, um so mehr, als das Fett wenigstens zu 60—70$\frac{0}{0}$ in die Zusammensetzung der Seifen eingeht.

Die Verbindungen, welche die Engländer durch ihre Colonien und ihren ausgebreiteten Seehandel mit den Tropen unterhalten, machten sie, sobald dieses Bedürfniß dringender hervortrat, mit einer Masse fetter Substanzen bekannt, welche besonders aus den Kernen verschiedener Palmen herstammten. Die großherzige Unterdrückung des Sclavenhandels durch Großbritannien führte indirect ihre Belohnung mit sich, indem nun statt der Sclaven das Palmöl in Massen von der Westküste Afrikas geliefert wurde. Sein Import nach England steigt mit jedem Jahre. Das Palmöl ist ein im frischen Zustande röthlich gelbes, butterartiges Fett, das schwach aber angenehm nach Veilchen riecht. Es stammt aus den Früchten der Oelpalmen, Elais guianensis, die in großen Mengen an den Küsten von Mittelafrika wild wächst, aber auch schon regelmäßig angebaut wird. Die gesammelten Früchte werden mit Wasser ausgekocht, das oben aufschwimmende Fett mit Löffeln abgeschöpft und in den Handel gebracht.

Seine röthlich gelbe Farbe, die für die Verwendung zu feineren Seifen nachtheilig sein würde, läßt sich leicht durch verschiedene Oxydationsmittel, durch Schmelzen an der Luft, durch das Sonnenlicht 2c. beseitigen.

Selbst bei gewöhnlicher Temperatur entfärbt es sich partiell. Besonders auffallend ist die Eigenschaft desselben, sehr leicht ranzig zu werden, ein Umstand, der es für die Seifenerzeugung besonders schätzbar macht, indem die entstandenen fetten Säuren sich selbst mit kohlensaurem Kali leicht verseifen und so den Zerlegungsproceß der übrig bleibenden neutralen Fette einleiten.

Die Verseifung des Palmöls ist gewöhnlich ein Nebenzweig der großartigen Sodafabriken Englands.

Häufig findet man auch eine vorhergehende Verarbeitung des Palmöls zu Palmitinsäure, so daß der werthvollere feste Theil zu Lichtern und nur die ausgepreßte Oelsäure zur Seife verwendet wird. Die Sodafabriken besitzen in ihren Mutterlaugen, besonders von der Bereitung der kristallisirten Soda, ein Material, welches durch seinen Reichthum an Aetznatron und Kochsalz sich gerade zur Verseifung eignet und nur mit etwas Aetzkalk gekocht zu werden braucht, um Laugen von großer Concentration zu erzielen.

Neben dem Palmöl wird in fast eben so ausgedehntem Maaßstabe Cocosnußöl angewendet, das aus den reifen Kernen der Cocosnuß erhalten wird.

In neuerer Zeit kommen große Mengen derselben unter dem Namen Copperah in den europäischen Handel.

Man zermahlt sie unter Mühlsteinen, erwärmt die Masse gelinde und preßt sie mittelst kräftiger hydraulischen Pressen aus. Wird eine niedrige Temperatur und ein nur mäßiger Druck angewendet, so erhält man fast nur flüssiges Fett, während dann bei erhöhter Wärme und gesteigerter Wirkung der Presse ein fast vollständig weißes, hartes Fett ausfließt, das sich selbst in rohem Zustande zu Lichtern vortrefflich eignet. Das Cocosnußöl zeichnet sich in noch höherem Grade als das Palmöl durch seine leichte Verseifung und leider auch dadurch aus, daß die daraus gefertigten Seifen bis 70 % Wasser aufnehmen können, ohne die Fähigkeit zu verlieren, beim Erkalten zu erhärten. Zu diesen übermäßig geschliffenen Seifen gehört die so äußerst billige Windsorseife, die indessen im Verhältniß zu ihrem geringen Werthe immer noch zu theuer bezahlt wird.

Endlich wird dem Palmöl bei der Verseifung auch noch Harz, gewöhnlich das ziemlich hellgelbe amerikanische Fichtenharz oder Colophonium zugesetzt. Dasselbe besteht aus Oxydationsproducten des Terpentins, der sogenannten Sylvin- und Pininsäure, die wegen ihres stark sauren Charakters sich leicht, selbst in kohlensauren Alkalien unter Entwickelung von Kohlensäure, auflösen. Diese Harzseife schäumt gut, reinigt grobe Wäsche vortrefflich und kommt außerdem bedeutend billiger zu stehen. Ihre allgemeine Anwendung verbietet sich indessen durch den unangenehmen Geruch, den sie den damit gewaschenen Gegenständen mittheilt. Das Harz wird entweder dem Palmöl während der Verseifung zugesetzt oder auch wohl vorher besonders zu Seife gekocht, welche der Palmseife zugesetzt und mit ihr ausgesalzen wird. Auf 3 Theile Palmöl wird etwa 1 Theil Harz angewendet. Die erhaltene Seife ist braun gefärbt.

In der schon mehrmals erwähnten chemischen Fabrik von Tennant zu Glasgow befindet sich auch eine sehr großartige Seifensiederei. Man wendet Palmöl, (indessen meist gebleicht), Talg, Cocosnußöl und Harz zusammen an. Täglich werden 200 Ctr. Seife fertig gemacht. Zu diesem Ende besitzt die Fabrik neun riesige Kessel aus Eisenblech von etwa 15 bis 18 Fuß Weite. Die Seitenwände sind, um nicht zu viel Wärme zu verlieren, in Holz gebunden, der flache Boden wird direct durch das Feuer erhitzt.

Die Verseifung dauert 3 Tage, das Erstarren in den eisernen Kühlkästen nimmt weitere 3 Tage in Anspruch und eine gleiche Zeit genügt zum Trocknen der fertigen Seife, so daß sie am zehnten Tage verpackt und versendet werden kann. Abgesehen davon, daß das Kochsalz als concentrirte Lauge zugegeben wird, weichen die Manipulationen nicht wesentlich von den zuerst angeführten ab.

4. Die russische Schmierseife. Diese dunkelgrün oder hellbraun gefärbte, unangenehm riechende Seife wird in Rußland in großer Menge aus Lein- und Hanföl mit Pottaschenlauge gesotten. Es ist dies die einzige wirkliche Kaliseife, die im Handel vorkommt, und sie verdankt den hygroscopischen Eigenschaften dieser Verbindung ihre eigenthümlich schmierige Beschaffenheit, die wegen der leichteren Vertheilung auf den Stoffen ihre besondern Vorzüge darbietet.

Von Aussalzen, Abscheiden des Glycerins, der Verunreinigungen, des Wassers kann natürlich nicht die Rede sein, und so wird sie denn durch einfaches Kochen starker Aetzlaugen mit den genannten Oelen erzeugt und der erzeugte dicke Seifenleim ohne Weiteres in den Handel gebracht. Neben einem geräumigen, eingemauerten, eisernen Kessel stehen zwei Behälter für Oel und Lauge, die ihren Inhalt gleichzeitig in einem dünnen Strahle in den Kessel entleeren. Man muß das Feuer unter demselben so reguliren, daß der Inhalt nicht aus dem Kochen kommt. Ist derselbe voll und zeigt eine herausgenommene Probe die vollständige Vereinigung von Fett und Alkali, so läßt man erkalten und füllt den Inhalt in die bekannten Fäßchen.

Die vom Hanföl herrührende grünliche Färbung kann durch einen Zusatz von Indigo, in der Form des sogenannten Indigocarmins, nachgeahmt werden.

Die kleinen sternförmigen Kristalle von stearinsaurem Kali sind, obgleich für den Verbrauch ganz ohne Werth, um der Laune des Publikums zu genügen, durch Zumischen von Kartoffelstärke, ja von fein gepulverten Eierschaalen nachgeahmt worden.

Es bleibt mir nur noch übrig, mit kurzen Worten der verschiedenen Toilettenseifen zu gedenken und schließlich einige in der neueren Zeit vorgeschlagene Beimengungen zu erwähnen.

Die Basis der Toilettenseifen bildet gewöhnlich gute, sorgfältig durch Aussalzen gereinigte Baumölsodaseife. Dieses von den Parfümeuren zweckmäßig selbst besorgte Aussalzen soll die letzten Spuren freien Alkali's und andere Verunreinigungen beseitigen. Nur selten wird eine besonders gesottene Seife von Schweineschmalz benutzt. Um ein gutes Schäumen zu bewirken, wird selten Kernseife angewendet, sondern meistens viel Wasser zugegeben. Schließlich ertheilt man durch Zumischen flüchtiger Oele das Parfüm, durch Einmengen schöner Farbestoffe, wie Zinnober, Ultramarin ꝛc. die Marmorirung und gießt in die gewählten Holz- oder Metallformen.

Die so gebräuchliche Mandelseife erhält diesen Namen nur von dem Zusatze einiger Tropfen Bittermandelöl.

Auch dies ist in neuerer Zeit zu weiterer Ersparung durch das Nitrobenzol ersetzt worden, das aus den flüchtigsten Antheilen des Steinkohlentheeröls durch Behandlung mit starker Salpetersäure erhalten wird. Die Einwirkung erfolgt dann so rasch, daß es genügt, Oel und Salpetersäure in passendem Verhältnisse durch eine gläserne Kühlschlange fließen zu lassen, wo sich dann die Verbindung unter starker Wärmentwickelung fast augenblicklich bildet. Man wäscht das erhaltene rothbraune Oel mit Wasser, dann mit kohlensaurem Natron und rectificirt, bei welcher Behandlung es dann einen sehr angenehmen Bittermandelgeruch annimmt.

Die jetzt nur noch wenig beliebte Transparentseife wird erhalten, indem man sehr neutrale, reine Seife fein schabt, sorgfältig trocknen läßt und dann in kochendem starken Spiritus auflöst. Die fremden Salze, das überschüssige Alkali, so wie alle mechanischen Unreinigkeiten können durch Filtriren in der Wärme beseitigt werden. Die klare Lösung wird in eine Blase gebracht, der Alkohol bis auf einen kleinen Rest abdestillirt, die abgelassene Masse in Formen gegossen und getrocknet. Wird die alkalische Lösung mit etwas Kampher versetzt und erkalten gelassen, so erhält man den sogenannten Opodeldoc. Das getrocknete Seifenpulver wird zum Rasiren verwendet. Mit heißem Wasser angemacht, schäumt es gut, ohne doch diese Eigenschaft wie die meisten anderen Rasirseifen einem übermäßigen Alkaligehalt zu verdanken.

Um eine Seife zu erhalten, welche neben der chemischen Auflösungskraft noch einen mechanischen Reinigungseffect zeigen soll, hat man dem Seifenleim Bimstein und Sand in feingepulverter Form und in Quantitäten von

50—75 $\frac{0}{0}$ zugesetzt. Kann man diesen Gemengen auch keinenfalls eine vortreffliche Wirkung auf rauhe und schmutzige Hände absprechen, so werden sie dafür auch zu einem unverhältnißmäßig hohen Preise verkauft, der den Werth der darin enthaltenen Seife, geschweige den des beigemengten Sandes um das Vielfache übertrifft.

Im Gegensatz hierzu soll man eine äußerst wohlfeile Seife erhalten, indem man zerschlagene Knochen mit Aetznatron in einem Dampfkessel unter hohen Druck bis zur vollständigen Auflösung kocht. Diese Knochenseife ist nichts anderes, als ein Gemenge von phosphorsaurem Kalk mit einer Verbindung des Leims mit Alkali. Sie kann nicht für sich, sondern nur in Verbindung mit anderer Seife angewendet werden, riecht sehr unangenehm und wirkt eigentlich nicht besser, als das reine Alkali.

Zum Schluß noch einige Worte über die Analyse der Seife, die durch die zunehmenden Verfälschungen für alle Fabriken von Wichtigkeit geworden ist, welche, wie Wollspinnereien, Färbereien 2c. große Mengen von Seife brauchen. Auch für alle unsere Hausfrauen ist die Frage nach der Güte einer Seife von großem Interesse.

Der Werth einer Seife basirt sich allein auf der Menge neutralen fettsauren Alkali's, welches sie enthält.

Mechanische Verunreinigungen, neutrale Salze, sind nutzloser Ballast, überschüssiges Alkali und Wasser schaden aber direct, indem sie die Seife bei Weitem leichter löslich machen, so daß beim Waschen eine große Menge nutzlos verschmiert wird.

Das Trocknen und Wiegen der Seife zur Ermittelung des Wassergehaltes anzuwenden, ist unthunlich, da der letzte Rest Wasser erst bei einer Temperatur entweicht, die dem Punkte der Zersetzung zu nahe liegt.

Folgendes Verfahren, das sich der Alkalimetrie anschließt, ist dagegen einfach und genau genug.

Man wiegt einige Gramme der zu untersuchenden Seife ab, nachdem man sie in feine Spähne verwandelt hat, bringt sie in eine Schaale und giebt ein abgemessenes Volumen Normalschwefelsäure zu, das voraussichtlich genügt, um alles Alkali zu sättigen. Bei gelindem Erwärmen des Gemenges im Wasserbade beginnt die abgeschiedene Fettsäure bald sich auf der Oberfläche zu sammeln; man fügt alsdann, um die Masse fester zu machen, eine abgewogene Menge Stearinsäure zu, läßt erkalten und hebt die entstandene Fettscheibe ab, die schließlich im Wasserbade bis zum völligen Verdampfen des Wassers geschmolzen und gewogen wird.

Die wässrige, saure Flüssigkeit wird mit Normalalkalilösung bis zur Sättigung versetzt und die Differenz mit der angewendeten Normalsäure ergiebt dann die Menge des in der Seife vorhandenen Alkalis, das nicht mehr als etwa $1/_7$ der gefundenen Fettsäure betragen darf.

Eine gute Kernseife muß 66—70 % Fettsäure, 9—10 % Natron und höchstens 20—25 % Wasser enthalten.

Mir selbst sind aber wunderbar angepriesene Seifen vorgekommen, die blos 40 % Fettsäure und 50 % Wasser enthielten.

Neuntes Kapitel.

Die Borsäure. Der Borax.

Die Borsäure, BoO^3, ist die einzige bekannte Sauerstoffverbindung des Bor's, eines Stoffes, der in seinen chemischen Eigenschaften sehr viel Aehnlichkeit mit dem Silicium oder dem Kiesel zeigt.

Analog der Kieselsäure zusammengesetzt, zeigt sie sich in wässriger Lösung, gleich dieser, als eine der schwächsten Säuren, die Lackmustinctur nur weinroth färbt, Curcumapapier sogar gleich einem Alkali bräunt und den Alkalien selbst in dem Verhältniß von 2:1 Aeq. nicht die alkalische Reaction zu entziehen vermag. In geschmolzenem Zustande dagegen erlangt, sie ebenso wie die Kieselsäure bei Rothgluth, eine Stärke der Affinität, die selbst die der Schwefelsäure übertrifft. Die Borsäure verbindet sich dann mit allen Metalloxyden, oft in sehr wechselnden Verhältnissen zu leicht schmelzbaren, glasigen Salzen.

Eine ganz ähnliche Wirkung übt auch das saure borsaure Natron oder der Borax aus, die für die practische Anwendung wichtigste Verbindung der Borsäure. Unter Bildung von Doppelsalzen löst er die Metalloxyde zu einem klaren, oft gefärbten Glase auf, eine Eigenschaft, durch die er für die Löthrohranalyse sehr wichtig, für die practische Operation des Löthens fast unentbehrlich wird. Die durch Loth zu vereinigenden Metalltheile werden von demselben nur benetzt, wenn ihre Oberflächen vollständig rein metallisch sind. Die gröbsten Oxydtheile, wie sie durch das Liegen der Metalle an der

Luft entstehen können zwar und müssen auch durch Abkratzen, Feilen und Schaben entfernt werden; um aber auch die Oxydschicht zu beseitigen, welche bei allen Metallen, mit Ausnahme von Platin, Gold, Silber, durch das zum Löthen erforderliche Erhitzen entsteht, müssen andere, chemische Hülfsmittel herangezogen werden. Eins der besten ist der Borax. Er schmilzt leicht zu einem über die ganze Löthfuge hinfließendem Glase, das jede Spur von Oxyd auflöst uud durch Abhalten der Luft die Wiederoxydation verhindert. Die Anwendung des sogenannten Löthsalzes, einer Verbindung von Chlorzink und Chlorammonium, beruht auf einer etwas anderen Reaction. Auch dieses schmilzt zu einer glasigen, deckenden Schicht, entfernt die Oxyde indessen weniger durch Auflösung, als durch Verflüchtigung derselben in Form von Chloriden.

Die nahen Beziehungen des Bor's zum Kiesel ergeben sich ferner aus der Leichtigkeit, mit der sich borsaure und kieselsaure Salze in allen Verhältnissen zu Glas zusammenschmelzen lassen. Die Beimengung von Borax oder Borsäure zum Glas verleiht demselben eine besondere Durchsichtigkeit, Farblosigkeit und Glanz und erleichtert die Verarbeitung wesentlich durch erheblich gesteigerte Leichtflüssigkeit. Bei optischen Gläsern und gefärbten Glasflüssen wird daher selten ein Zusatz von Borax unterlassen werden; ebenso bei den Farben der Porzellanmalerei, dem Email der gußeisernen Geschirre ꝛc.

In neuester Zeit ist von Bolley auf den Borax behufs des sogenannten Entschälens der Seide hingewiesen worden. Er wirkt hier durch seine schwache Alkalinität, die eben genügt, um den leimartigen Ueberzug der Seide aufzulösen, dagegen zu schwach ist, um der Seide selbst Schaden zu bringen.

Vorläufig nur von wissenschaftlichem Interesse ist folgende Verwendung der Borsäure und des Boraxes. Werden die Bestandtheile mancher Mineralien, für Rubin z. B. Thonerde und etwas Chromoxyd, für Smaragd Beryllerde ꝛc. ꝛc., mit ziemlich viel Borsäure oder Borax gemischt, und nun der heftigsten Glühhitze eines Porcellanofens längere Zeit ausgesetzt, so verdampft die Borsäure, etwas schwieriger der Borax, vollständig, und aus dieser feurig flüssigen Auflösung schießen vollkommen ausgebildete, wenn auch kleine Kristalle der gewünschten Verbindung an. Es ist damit die Möglichkeit gegeben, in späteren Zeiten vielleicht die kostbarsten Edelsteine in jeder Größe und von vollkommener Schönheit darzustellen.

Diese Flüchtigkeit der geschmolzenen, wasserfreien Borsäure ist indessen nur bei außerordentlich hohen Temperaturen merkbar; bei mäßiger Rothgluth ist sie eben so wenig flüchtig, wie die Kieselsäure.

Ganz anders stellt sich der Vorgang, wenn eine wässerige Auflösung von Borsäure zum Kochen erhitzt wird. Hierbei verflüchtigt sich eine durchaus nicht unbeträchtliche Menge derselben, und es ist daher, z. B. bei quantitativen Bestimmungen derselben, um Verluste zu vermeiden, durchaus nöthig, nur alkalische Auflösungen zu verdampfen, indem dann die Borsäure durch das Alkali fixirt wird.*)

Auf dieser nur durch genaue Untersuchungen nachweisbaren Eigenthümlichkeit beruht die ganze Gewinnung der Borsäure, wie sie heut zu Tage betrieben wird.

Erwähnen wir vorerst einige hierher gehörende, geschichtliche Daten.

Der Borax wurde in Europa besonders durch die Venetianer verbreitet, die ihn durch ihre Handelsverbindungen mit dem Orient erhielten, und durch Umkristallisiren reinigten. Sie bezogen ihn auf dem Karavanenwege aus Thibet, wo mehrere kleine Seen existiren sollen, welche ziemlich stark boraxhaltig sind. Aehnliche Boraxlagunen sollen sich in China und Südamerika finden.

Die Kristalle dieses sogenannten Tinkal's, die später auch auf dem Seewege über Holland zu uns gelangten, sind mit einer fettigen Masse bekleidet, welche wahrscheinlich von Oel herrührt, das die Beschädigung der Kristallflächen beim Transport vermindern soll. Die Orientalen pflegen noch heut zu Tage die geschliffenen Edelsteine auf diese Art zu versenden.

Nachdem dieser Ueberzug durch Abwaschen mit Aetzlauge entfernt, genügt ein einfaches Umkristallisiren zur Raffination.

Der Import dieses natürlichen Boraxes ist jetzt nur noch unbedeutend, seitdem in Europa selbst eine reichliche Quelle der Borsäure, und zwar durch einen Deutschen aufgefunden worden ist. Ein gewisser Höfer nämlich, Hofapotheker in Florenz, entdeckte in den Lagunen des nahe gelegenen Monte rotondo, das damals in der Pharmacie als Beruhigungsmittel vielfältig angewendete Sedativsalz, das nichts anderes ist, als reine Borsäure.

---

*) Diese Flüchtigkeit steigert sich noch, wenn man die Borsäure mit Alkohol und Schwefelsäure behandelt, indem sich dabei eine bedeutende Menge Borsäureäther bildet, der mit grüner Flamme brennt. Dies ist beiläufig gesagt, das wesentlichste und einzig sichere Reagenz auf Borsäure. Die Verflüchtigung mit Wasserdämpfen wird ebenfalls, obwohl in geringerem Grade von der Kieselsäure getheilt, wie dies z. B. Vorgänge bei der Steinzeugfabrikation beweisen, die bei den Thonwaaren erwähnt werden sollen.

In natürlichen Kristallen ist sie noch in einigen nahe gelegenen Höhlen bei Sasso aufgefunden worden, von welchem Fundorte der mineralogische Name „Sassolin“ abgeleitet ist.

Diese Entdeckung, welche noch dem vorigen Jahrhundert angehört, wurde erst practisch fruchtbar, als der berühmte französische Gelehrte und Techniker Payen im Jahre 1815, die hier gewonnene Borsäure zu Borax zu verarbeiten anfing. Die gesteigerte Nachfrage machte eine gesteigerte Ausbeutung nöthig, die indessen auf mannigfache Hindernisse stieß. Erst durch die im Jahre 1823 erfolgten Verbesserungen von Larderello, ist die Gewinnung der Borsäure aus den vulcanischen Exhalationen der gedachten Gegend zu einer nie geahnten Ausdehnung gelangt, und bietet heut zu Tage das Beispiel einer der theoretisch und practisch interessantesten Fabrikationen.

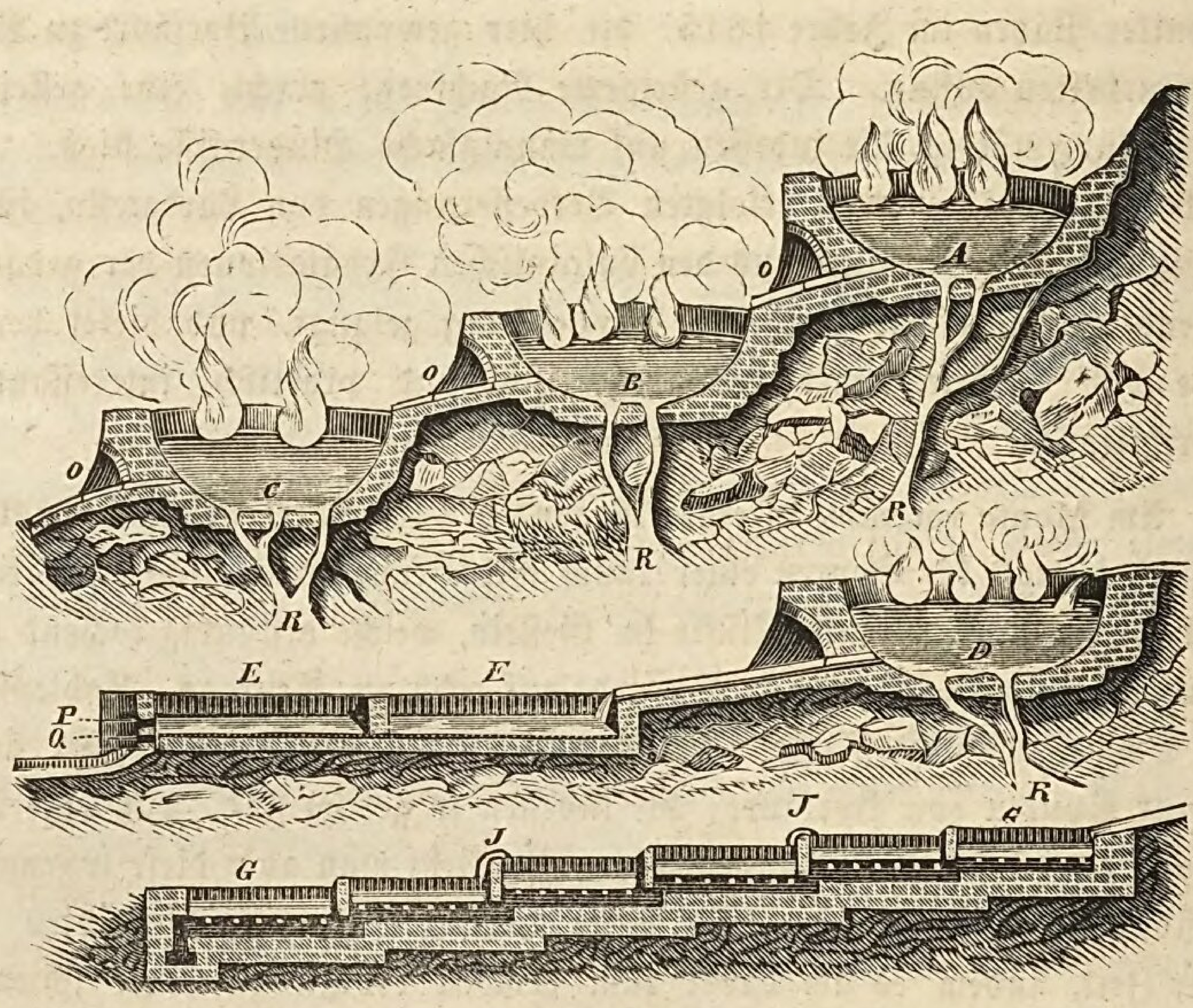
Am Monte rotondo, in einer Gegend des Großherzogthums Toskana, die noch überall die Spuren einer kaum erloschenen vulcanischen Thätigkeit trägt, finden sich zahlreiche Klüfte im Gestein, welche beständig kochend heiße Dämpfe ausstoßen, die neben Wasserdampf reich an Stickgas, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff sind. In dem daraus condensirten Wasser finden sich nur Spuren von Borsäure, die indessen so gering sind, daß eine Ausbeute hierauf nicht zu begründen wäre. Umgiebt man aber diese sogenannte Suffioni mit einem Bassin, und leitet Wasser hinein, so wird dies nach kurzer Zeit, indem es sich dabei zum Kochen erhitzt, zu einer schwachen Lösung von Borsäure, die 1—2 % Gehalt zeigt. Diese Erscheinung läßt sich einfach erklären, wenn man annimmt, daß die Dämpfe die beigemengte Borsäure zum größten Theile absetzen, ehe sie an die Oberfläche gelangen. Werden sie nunmehr in Wasser geleitet, so dringt dies bei einem momentanen Nachlassen der Dampfspannung in die Klüfte ein und löst die abgesetzte Borsäure auf.

Zur Erlangung möglichst concentrirter Lösungen ist folgende sinnreiche Einrichtung getroffen worden. (S. Fig. 46 p. 256.)

Man hat für die Anlage jeder der vorhandenen neun Fabriken eine Stelle gewählt, wo sich mehrere starke Suffioni nahe bei einander befinden. Von den stärksten derselben, werden 4—5 wo möglich so gewählt, daß sie am Abhange eines Hügels über einander gelegen sind. Man umgiebt dieselben mit halbkugelförmigen Bassins von Mauerwerk, A B C D, die man mit hydraulischem Mörtel gut verputzt, und am tiefsten Punkte mit einem Abflußrohr versieht, das für gewöhnlich mit einem Zapfen verschlossen ist.

Die Durchmesser der Bassins schwanken zwischen 14—70′, ihre Tiefe zwischen 5—8′. In das zu oberst liegende wird mittelst Rinnen Quellwasser eingeleitet, das nach längerem Verweilen in das nächst folgende abgelassen wird u. s. w. Ist der Betrieb in regelmäßigem Gange, so wechselt man

Fig. 46.



Borsäuredarstellung aus den toskanischen Suffionen.

das Wasser in den Bassins alle 24 Stunden. Der Inhalt des untersten wird endlich in flache, ebenfalls gemauerte Behälter, E und F geleitet, in welchen die Schlammtheile sich präcipitiren. Nach dem Erkalten zeigt die Lösung dann 1—1,5° B., also immer noch eine sehr geringe Grädigkeit. Wäre man daher gezwungen, zu ihrer Verdampfung besonderes Brennmaterial anzuwenden, so würden hierdurch so große Mengen beansprucht werden, daß der Betrieb fast unmöglich wäre, jedenfalls aber nur schwierig mit der natürlichen Production des Boraxes concurriren könnte. Glücklicher Weise disponiren aber diese Fabriken in den Suffionidämpfen über fast unerschöpfliche Wärmequellen, die ihnen so gut wie nichts kosten.

Die Lauge gelangt, so bald sie sich hinreichend geklärt, in staffelförmig übereinander aufgestellte Bleipfannen GG, etwa 8′ im Quadrat und 14″ tief, die mittelst starker Balken auf einem gemauertem Canale ruhen, durch welchen die Dämpfe einiger starken, aber borsäurearmen Suffioni streichen.

Die dadurch erzielte Temperatur der Lösungen liegt zwischen 78 und 85° C., und die Verdampfung erfolgt ziemlich rasch.

Die erwähnten Pfannen sind durch Heber ii verbunden, durch welche die Lauge alle 24 Stunden gewechselt wird. Natürlich sind die unteren Pfannen, der allmäligen Verdunstung entsprechend, verhältnißmäßig kleiner. In den untersten drei Pfannen wird die Mutterlauge einer früheren Kristallisation zugegeben. Die gesättigte Lauge von etwa 11° B. (in der Wärme) wird in die Kristallisirgefäße gebracht. Es sind dies hölzerne, mit Blei ausgeschlagene Fässer, in denen sich die Borsäure am Boden und den Wänden in feinen, blättrigen Kristallen absetzt. Ist die Kristallisation vollendet, so wird die Mutterlauge abgelassen, die Kristalle in Körbe gebracht und nach dem Abtropfen in einer gemauerten Kammer, unter deren Boden ebenfalls Suffionidämpfe hinstreichen, getrocknet. Die kristallisirte Säure enthält 6 Aeq. Kristallwasser, die sich beim Trocknen bei 100° C. auf 3 Aeq. vermindern.

Diese toskanische Borsäure wird leider von Jahr zu Jahr unreiner. Sie enthält jetzt häufig bis zu 25 % Gyps, außerdem salzsaures und schwefelsaures Ammoniak und endlich eine Verbindung des letzteren mit schwefelsaurer Magnesia.

Man könnte sie von diesen Verunreinigungen durch Decantation vor dem Kristallisiren und durch sorgfältiges systematisches Waschen befreien und würde hierdurch nicht allein wesentlich an Transportkosten sparen, sondern auch eine sichere Feststellung des Preises ermöglichen. Aus den Mutterlaugen und Waschwässern würde vielleicht durch Destillation mit Aetzkalk eine nicht unbeträchtliche Menge Ammoniak zu gewinnen sein.

Im Jahre 1841 wurden in Toskana 15000 Zollcentner Borsäure gewonnen, eine enorme Quantität, die dessenungeachtet willige Abnehmer fand. Wie es scheint, hat sich die Production seither wesentlich vermindert, wie dies der jährlich steigende Preis des Borax beweist.

Seitdem die Untersuchungen von H. Rose nachgewiesen haben, welche bedeutende Quantität Borsäure beim Verdampfen wässeriger Lösungen sich verflüchtigt, läßt sich der Gedanke nicht zurückweisen, daß die Borsäuregewinnung bedeutend dadurch gesteigert werden könnte, daß man der geklärten Lösung, ehe sie noch zum Abdampfen gelangt, eine Menge von kohlensaurem Natron zusetzte, welche genügte, um saures borsaures Natron zu bilden. Man könnte dann durch Eindampfen direct Borax gewinnen oder durch schließlichen Zusatz von Schwefelsäure Borsäure ausscheiden.

Was endlich die Entstehungsursache und geologische Bildung dieser Suffionen anbelangt, so hat der berühmte französische Chemiker Dumas, gestützt auf das gleichzeitige Vorkommen von Schwefelwasserstoff und Ammoniak, angenommen, daß in beträchtlicher Tiefe ein Lager von Schwefelbor existire, das durch Zutreten von Meerwasser eine Zersetzung erleide. Diese Verbindung, BoS^3, die indessen, wenigstens was ihr natürliches Vorkommen betrifft, absolut problematisch ist, zerfällt durch Wasserzutritt unter heftigem Erglühen in Schwefelwasserstoff und Borsäure. $BoS^3 + 3HO = BoO^3 + 3SH$. Die stickstoffhaltigen organischen Substanzen des Meerwassers sollen das Ammoniak liefern, das Chlormagnesium desselben die zugleich vorkommende Chlorwasserstoffsäure. So geistreich und pikant diese Erklärung ist, so unwahrscheinlich erscheint sie gegenüber der jetzt zu erwähnenden Theorie, welche sich auf die ausgezeichneten Studien und Forschungen unseres berühmten Landsmannes, Professor Bunsen, stützt, die derselbe in Beziehung auf die heißen Quellen und Fumarolen Islands angestellt hat.

Man findet in der Natur in beträchtlicher Menge vorkommende Mineralien, welche Borsäure in kleinen, aber deutlich nachweisbaren Mengen enthalten.*) Hierher gehört unter anderem der Turmalin, der oft 2—3 % Borsäure enthält.

Als eigenthümliche Borsäureverbindung kennen wir hauptsächlich nur den Boracit oder die borsaure Magnesia, die als untergeordnetes Glied der Steinsalzformation, theils in Kristallen, (wie bei Lüneburg), theils in derber Form, (wie bei Staßfurth in der Provinz Sachsen), vorkommt.

Wenden wir uns nunmehr zu unsern Suffionen zurück, so finden sich dieselben unzweifelhaft auf einem vulkanischen Heerde, wo der feurig flüssige Kern unseres Erdkörpers nahe zur Oberfläche tritt.

Denken wir uns nun, daß derselbe durch eine dünne, die Wärme noch durchlassende Schicht in Berührung steht mit einem Gestein, das, wie der Glimmerschiefer sehr oft, Turmalin, daneben aber auch eingesprengten Schwefelkies

*) Wenn wir für die Borsäure ein eben so empfindliches Reagens hätten, wie z. B. für Phosphorsäure in dem molybdänsaurem Ammoniak, so ist es wahrscheinlich, daß wir deutliche Spuren derselben in allen Gesteinen nachweisen könnten. Nach Angaben von Fresenius soll man selbst sehr kleine Mengen von Borsäure an ihrer Reaction auf das Curcumapapier erkennen können, indem man eine schwach mit Salzsäure versetzte Lösung auf dem gefärbten Papier eintrocknen läßt, wo nach Verflüchtigung der Salzsäure die Reaction eintritt. Vermittelst dieser Methode ist es ihm gelungen, deutliche Spuren von Borsäure in den heißen Quellen Aachens und Wiesbadens nachzuweisen.

und Kalkspath enthält und mit Meerwasser durchfeuchtet ist, so werden voraussichtlich bei der hohen Temperatur und unter dem hohen Druck folgende Reactionen vor sich gehen. Die Kieselsäure wirkt auf den kohlensauren Kalk und macht Kohlensäure frei; das Schwefeleisen giebt Eisenoxydul und Schwefelwasserstoffgas; das Chlormagnesium des Meerwassers giebt Salzsäure aus; die organischen Substanzen desselben endlich geben Ammoniak. Durch die vereinigte Einwirkung der Kohlensäure, Salzsäure, auch vielleicht schon durch die des überhitzten Wasserdampfes allein wird der Turmalin zersetzt und Borsäure frei gemacht, die sich nun mit den Gasen und Wasserdämpfen verflüchtigt. Das beigemengte Stickgas stammt von der im Meerwasser gelösten Luft, deren Sauerstoff zur Oxydation des Eisenoxyduls verwendet worden ist.

Aus der Borsäure wurde zuerst in Marseille durch Payen der Borax dargestellt, indem sie mit kohlensaurem Natron gesättigt und die erhaltenen Kristalle durch Umkristallisiren gereinigt wurden.

Der Borax hat, wie er gewöhnlich vorkommt, die Formel $NaO + 2 BoO^3 + 10$ Aq. und kristallirt dann in Prismen. Ein in Octaëdern kristallisirende Modification hält bloß 5 Aeq. Wasser. Beide Salze zerfließen beim Erwärmen in ihrem Kristallwasser, blähen sich auf und lassen endlich wasserfreien Borax als eine poröse, lockere, weiße Masse, die endlich bei schwacher Rothgluth zu einem klaren Glase schmilzt.

Das Verfahren der Darstellung ist sehr einfach. In einen Bottich von Holz, der inwendig mit Blei ausgeschlagen und mit einem fein durchlöcherten, ringförmigen Dampfrohr am Boden versehen ist, bringt man 1500 Liter Wasser und erhitzt sie zum Sieden, wobei natürlich das Volumen durch das condensirte Wasser auf etwa 1900 Liter steigt.

Der Bottich ist mit einem genau schließenden Deckel versehen, in welchem nur zwei Oeffnungen sind. Durch die eine weitere geht luftdicht ein Rohr, das eben unter den Flüssigkeitsspiegel reicht; und zum Eintragen der Borsäure und des kohlensauren Natrons dient; in der anderen ist ein Ableitungsrohr für die Gase befestigt, welches dieselben in ein Gefäß mit verdünnter Schwefelsäure führt, wo sich das beigemengte Ammoniak condensirt.

Sobald das Wasser kocht, trägt man 1300 Kgr. kristallisirtes kohlensaures Natron ein, das sich rasch auflöst, und fügt dann portionsweise nach einander etwa 1200 Kgr. Borsäure zu, indem man jedesmal das Aufbrausen vorübergehen läßt, um ein etwaiges Uebersteigen zu vermeiden. Im Anfange wird nur wenig Kohlensäure entwickelt, indem sie von dem über-

schüssigen kohlensauren Natron zurückgehalten wird, und es tritt daher nur gegen Ende der Operation, wo auch das saure kohlensaure Natron zersetzt wird, Gefahr des Uebersteigens ein. Je mehr Gyps und Bittersalz die Borsäure enthält, desto mehr kohlensaures Natron wird in Glaubersalz verwandelt und dadurch verhältnißmäßig werthlos gemacht. Durch den dabei entstehenden Niederschlag von kohlensaurem Kalk und Magnesia, sowie durch andere mechanische Verunreinigungen wird die Flüssigkeit sehr getrübt, und es wird daher nöthig, sie längere Zeit nach Absperren des Dampfes klären zu lassen. Die klare Flüssigkeit wird durch seitliche Hähne abgezogen und in hölzernen Rinnen nach den Kristallisirbehältern für den rohen Borax geleitet, die einfache, hölzerne und mit Blei ausgeschlagene Bottiche sind. Der Bodensatz wird auf Leinenfiltern mit heißem Wasser gewaschen und das Filtrat, vermengt mit der Mutterlauge früherer Kristallisationen, zum Auflösen neuer Portionen angewendet. Nach 3—4 derartigen Operationen häuft sich das Glaubersalz so in der Lauge an, daß es zugleich mit dem Borax herauszukristalliren anfängt. Man zieht dann die Lauge schon bei 30^{0} C. von den Kristallen ab, bei welcher Temperatur das Glaubersalz am löslichsten ist, und läßt es in der Kälte herauskristallisiren. Durch weiteres Eindampfen gewinnt man nochmals Borax und Glaubersalz, sondert dann durch kochendes Eindampfen das Kochsalz ab und erhält schließlich beim Erkalten noch eine kleine Menge Borax. Die letzte Mutterlauge, zur Trockne verdampft, giebt eine Masse, die sehr vortheilhaft beim Glasschmelzen verwendet werden kann.

Die in den gedachten Bottichen abgesetzten, kleinen und unregelmäßigen Kristalle müssen, um verkäuflich zu sein, raffinirt, d. h. durch Umkristallisiren in die beim Publikum beliebten großen Kristalle gebracht werden. Streng genommen müßte demselben am meisten mit dem entwässerten oder geschmolzenen Borax gedient sein, indem bei allen Operationen, zu denen Borax verwendet wird, das Wasser erst unter lästigem Aufblähen entfernt werden muß und nebenbei die Transportkosten nicht unbeträchtlich steigert. Andererseits bietet freilich die Kristallform die sichere Garantie vor Verfälschungen, und es ist dieser Umstand bei dem hohen Preise des Borax von ganz besonderem Gewichte.

Nur in verhältnißmäßig kleiner Menge kommt der octaëdrische Borax, (mit 5 Aeq. Wasser), irrthümlich unter dem Namen „geflossener Borax" in den Handel; in viel größerer, überwiegender Menge wird der prismatische Borax, (mit 10 Aeq. Wasser), angewendet. Der Verlauf der Raffination für letzteren ist nun folgender.

Man bringt in einen großen mit Blei ausgeschlagenen Bottich c. 5600 Kgr. oder 100 Eimer Wasser durch eingeleiteten Dampf zum Kochen und hängt einen aus Blech gefertigten, durchlöcherten Kasten, unmittelbar unter die Oberfläche des Wassers, hinein. Der hinein geworfene rohe Borax löst sich mit großer Schnelligkeit auf, und die Lauge zeigt bald (in der Wärme) ein spec. Gewicht von 22° B.

Nachdem man, um geringe Reste von Kalk und Magnesia zu fällen, noch etwa 5 % Soda hinzugegeben, läßt man die Lauge sich klären und zieht sie dann in die eigenthümlich construirten Kristallisirgefäße ab. Dieselben sind von fast genau kubischer Form, die bekanntlich im Verhältniß zum Inhalt die geringste Oberfläche bietet, bestehen aus starken Bohlen, sind inwendig gut verbleit und möglichst vor rascher Abkühlung geschützt. Zu diesem Ende umgiebt sie ein zweiter Holzverschlag, der einen Zwischenraum von etwa 16—20″ läßt, den man mit Asche, Heckfel und andern schlecht wärmeleitenden Körpern vollstampft. Der genau schließende Deckel ist mit Tuchstreifen besetzt. Jeder dieser Kristallisirbehälter steht abgesondert für sich auf einer gemauerten Unterlage, damit die Arbeit in dem einen nicht nachtheilige Erschütterungen in den andern veranlasse. Der Boden des Arbeitsraumes ist gepflastert und nach einer Rinne zu geneigt, welche die Mutterlauge abführt. Ist der erwähnte Behälter bis fast zum Rande gefüllt, so wird der Holzdeckel aufgesetzt und zum Ueberfluß noch einige Wolldecken darüber gebreitet. Die sich im Anfang entwickelnden Dämpfe verdichten sich an dem Deckel und bilden beim Herabfließen eine Schicht reinen Wassers auf der Oberfläche, welche die Bildung kleiner Kristalle daselbst verhindert. Erst nach einem Monat ist die Flüssigkeit auf c. 27° C. abgekühlt und die Kristallisation vollendet.

Man läßt sie durch Heber rasch abfließen und trocknet den zwischen den Kristallen bleibenden Rest mit Schwämmen auf, damit derselbe nicht durch Absetzen kleinerer Kristalle die Oberfläche der großen unansehnlich mache. Sobald dies geschehen, wird der Deckel wieder aufgesetzt, damit die Kristalle durch die rasche Abkühlung nicht springen und endlich nach 6—7 Stunden die Kristallrinden mit einem Meißel abgebrochen. Im Anfang verlangte das Publikum noch, daß die Kristalle den schmutzigen Ton und die abgeriebenen Kanten des holländischen Borax zeigten, so daß Payen genöthigt war, deshalb noch schließlich ein Rollen der Kristalle in halb gefüllten Fässern vorzunehmen.

Will man octaëdrischen Borax erzeugen, so macht man die Lauge 30° B. stark, wodurch die Kristallisation derselben schon bei 79° C.

beginnt, aber dafür auch schon bei 57° C. beendet ist, eine Temperaturgränze, welche nach 6—7 Tagen erreicht ist. Wollte man mit dem Ablassen der Mutterlauge länger zögern, so würde nunmehr prismatischer Borax anschießen und den abgesetzten octaëdrischen verunreinigen. Man läßt daher die Lauge mit mehreren weiten Hebern ab, beeilt sich sehr mit dem Austrocknen und läßt dann längere Zeit vor dem Ausbrechen stehen. Da das Publikum sich capricirt, diesen Borax als geflossenen zu bezeichnen, so ist man gezwungen, die vorspringenden Octaëderecken durch Abhauen mit einem scharfen Handbeil zu beseitigen, obwohl gerade sie es sind, die als charakteristisch für diese Art Borax betrachtet werden können.

Zehntes Kapitel.

Alaun und Eisenvitriol.

Diese beiden Salze, obwohl in ihrer Zusammensetzung wesentlich verschieden, sind doch durch die am häufigsten angewendete Art ihrer Gewinnung, wie zwei Zwillingsgeschwister, aufs Innigste mit einander verbunden.

Die Alaune sind Salze von folgender allgemeiner Zusammensetzung:

$$RO + SO^3 + R^2O^3 + 3SO^3 + 24\ Aq.$$

R bedeutet hier ein Metall oder ein ihm gleichwerthiges zusammengesetztes Radical. Die Glieder dieser großen Gruppe zeichnen sich dadurch aus, daß sie sämmtlich in regulären Octaëdern kristallisiren. Wenn man Lösungen der verschiedenen Alaune mit einander mischt, so enthalten die daraus anschießenden Kristalle die zugesetzten Alaune in wechselnder Menge, so daß ein Alaun den andern in jedem Verhältniß ohne Aenderung der Kristallform vertreten kann.

Dies ist der Charakter der isomorphen Körper.

In obiger Formel kann R im ersten Gliede durch Kalium und Natrium, ferner durch Ammonium, (eine Verbindung von Stickstoff und Wasserstoff NH^4), endlich auch durch die neuerlich entdeckten zusammengesetzten Ammo-

niake, z. B. Aethylammonium, vertreten sein, während R^2 im zweiten Gliede Aluminium, Eisen, Mangan, Chrom ꝛc. heißen kann.

Man begreift leicht, daß demnach eine große Anzahl Glieder dieser Alaunfamilie dargestellt werden können. Von diesen allen ist aber allein der Thonerdealaun von practischer Wichtigkeit, weil er das einzige Salz der Thonerde ist, das in hinreichend wohlausgebildeten Kristallen anschießt und es dadurch erlaubt, für die Färberei ein von Eisen und andern schädlichen Stoffen absolut reines Salz der Thonerde herzustellen.

Durch Doppelzersetzung mit möglichst reinen Salzen andrer Säuren werden daraus die übrigen Thonerdeverbindungen gebildet. So giebt der Alaun, mit essigsaurem Bleioxyd oder Bleizucker gemischt, essigsaure Thonerde als klare Lösung und schwefelsaures Bleioxyd, das sich leicht absetzt.

Diese essigsaure Thonerde giebt bei der großen Neigung der Thonerde, basische Salze zu bilden, und vermöge der schwach sauren Eigenschaften der Essigsäure ihre Thonerde leicht an Faserstoffe, besonders vegetabilischen Ursprungs ab*), und diese abgelagerte Thonerde verbindet sich nun wieder begierig mit den verschiedensten Farbestoffen, die in den Farbehölzern, dem Krapp ꝛc. vorhanden sind.

Tränkt man Baumwollengewebe mit essigsaurer Thonerde und hängt dasselbe zum Trocknen, am besten in einem ziemlich stark geheiztem Zimmer, auf, so entdeckt man durch den Geruch sehr bald das Freiwerden von Essigsäure, und die Faser liefert, nach völligem Auswaschen, beim Verbrennen einen reichlichen Rückstand von Thonerde.

Führt man sie andererseits in einen auf 60—70° erwärmten Aufguß von Krappwurzel ein, so erhält man je nach der Stärke der Imprägnation und der Menge des angewendeten Krapps mehr oder weniger intensive rothe Farbentöne. Diese Farben sind indessen nur dann von schöner Nüance, wenn der Alaun vollständig frei von Eisen gewesen ist, indem dieses mit sehr vielen Farbestoffen dunkelgefärbte, ja schwarze Farben liefert. Thierische Fasern und Seide machen die Thonerde selbst aus der Verbindung mit Schwefelsäure frei und können daher direct mit Alaun gebeizt werden.

---

*) Man braucht eine solche Lösung essigsaurer Thonerde nur zum Kochen zu erhitzen, um eine gallertartige Abscheidung von Thonerdehydrat und basisch essigsaurer Thonerde zu erhalten, während freie Essigsäure sich durch den Geruch verräth.

Nicht allein in der Färberei, sondern auch in andern Zweigen der Technik spielt der Alaun als Thonerdesalz eine wichtige Rolle.

So z. B. in der Sämischgerberei und ebenso bei dem Leimen des Papierzeuges mit Alaun und Harzseife. In letzterem Falle bildet sich ein unlöslicher Niederschlag von harzsaurer Thonerde, der beim Erwärmen schmilzt und so das Papier für Wasser undurchdringlich macht.

Wie wir aus der oben angeführten Formel gesehen, ist die Thonerde mit 3 Aeq. Schwefelsäure verbunden.

Obgleich nun vom streng theoretischen Standpunkt aus dies Verhältniß einem neutralen Salze entspricht, so ist doch nicht zu verwundern, daß eine so schwache Basis, wie die Thonerde, die saure Reaction der Schwefelsäure nicht gänzlich aufheben kann, und so besitzt die Technik denn aus frühern Zeiten her, wo Schwefelsäure noch sehr hoch im Preise stand, verschiedene Recepte, in denen der Alaun entschieden die Rolle der Schwefelsäure spielt. So z. B. bedienen sich die Goldschmiede und Vergolder zum sogenannten Färben ihrer Arbeiten einer Mischung von Alaun, Salmiak (oder Kochsalz) und Salpeter, die als wässeriger Brei auf die Gegenstände aufgetragen und zum Schmelzen erhitzt wird.

Hierbei macht die Schwefelsäure des Alauns die Salzsäure und die Salpetersäure aus den entsprechenden Salzen frei, Säuren, die nun selbst auf einander reagiren und Chlor frei machen.

Dieses Chlor löst Gold auf, das aber sogleich wieder durch das Kupfer der untenliegenden Legirung niedergeschlagen wird und somit eine dünne Decke von feinem Golde bildet.

Wegen der gleichmäßigen, schwachen aber sicheren Wirkung hat sich diese Mischung im Gebrauch erhalten, obwohl die directe Anwendung der entsprechenden Säuren nicht mehr am Kostenpunkte scheitern würde.

Für alle diese Verwendungen ist, wie wir gesehen haben, die Gegenwart der Alkalisalze ganz ohne Bedeutung. Da dieselben nunmehr, wie wir später sehen werden, den Hauptkostenpunkt bei der Alaunbereitung ausmachen, hat man versucht, die schwefelsaure Thonerde für sich allein anzuwenden.

Man ist indessen, wie die Erfahrungen der Neuzeit lehren, damit gescheitert, und zwar weil die schwierige Kristallisirbarkeit dieses Salzes es unmöglich macht, dasselbe vollständig von Eisen und freier Schwefelsäure zu befreien.

Außerdem wird dasselbe durch den wechselnden Wassergehalt ohne vorhergehende, zeitraubende Analyse vollkommen unanwendbar, wenn es auf Einhaltung bestimmter Gewichtsverhältnisse ankommt.

Um die Vortheile der Kristallisation nicht zu verlieren, muß man die Kosten des schwefelsauren Kalis oder Ammoniaks anwenden und Kali- oder Ammoniakalaun darstellen.

Natronalaun, der bedeutend löslicher und schwerer kristallisirbar ist, kann nur aus sehr eisenfreien Laugen hinreichend rein gewonnen werden, und man muß daher meist auf seine Darstellung verzichten, obwohl das schwefelsaure Natron das wohlfeilste von diesen drei Salzen ist.

Die Wahl zwischen Kali und Ammoniak wird von den Lokalverhältnissen abhängen.

Begreiflicher Weise kommt es nicht darauf an, ob diese Basen als schwefelsaure Salze oder in Verbindung mit anderen Säuren angewendet werden, da in einer Flüssigkeit, die gewöhnlich schwefelsaure Verbindungen, besonders Eisenvitriol, im Ueberschuß enthält, die Umsetzung in schwefelsaure Salze leicht vor sich geht.

In früheren Zeiten, wo noch die Pottasche in überwiegender Menge als Alkali angewendet wurde, fanden die Alaunfabrikanten in dem Seifensiederfluß, der Glasgalle, dem sauren schwefelsauren Kali, welches bei der Bereitung der Salpetersäure abfiel, ausreichend billige Quellen von Kalisalzen. Heutzutage sind durch das Ueberhandnehmen der Soda und des Natronsalpeters diese Materialien fast vollständig aus dem Handel verschwunden und wenn auch in neuerer Zeit die Verarbeitung der Salinenmutterlauge und des Kelp's, die Raffination der Pottasche 2c. wieder kleine Mengen derartiger Kalisalze in den Verkehr bringen, so genügen diese doch nicht, um den sehr bedeutenden Bedarf zu decken.

Dafür ist aber in der Neuzeit durch die Ausdehnung der Gasbeleuchtung, selbst auf kleinere Städte, in dem ammoniakalischen Wasser den betreffenden Fabriken eine reichliche Fundgrube für Ammoniaksalze eröffnet worden. Wenn auch der Gehalt der Steinkohle an Stickstoff nur zwischen 1—2 % beträgt, so genügte derselbe doch, wenn überall, besonders in den Coaksanstalten, Vorkehrungen zu seiner Gewinnung als Ammoniak getroffen würden, um alle Alaunfabriken im Uebermaaß damit zu versehen. England producirt heutzutage fast nur noch Ammoniakalaun und würde den Preis desselben noch niedriger stellen können, wenn nicht die neuere Chemie die düngenden Eigenschaften der Ammoniaksalze so überzeugend nachgewiesen hätte, daß von dieser Seite eine sehr bedeutende Nachfrage erwüchse.

Bei uns in Deutschland haben schwefelsaures Kali und schwefelsaures Ammoniak ziemlich identische Preise und werden daher häufig, je nach der Conjunctur, ohne Unterschied angewendet.

Eine kleine Differenz liegt freilich darin, daß einmal das niedrige Aeq. des Ammoniumoxydes (26) dem des Kali's, (47,2) gegenüber weniger von ersterem Salze zur Bildung einer gleichen Menge Alaun nöthig macht. Ein weiterer Vortheil geht daraus hervor, daß dieses Salz im heißen Wasser ohne Vergleich leichter löslich ist, als das schwefelsaure Kali; daß also, da man die Salze stets in Auflösung zugiebt, die Lauge weniger verdünnt wird, also mehr Alaun kristallisiren läßt.

Denselben Vorzug bietet indessen auch die Anwendung von Chlorkalium.

Darstellung des Alauns. Man kann mit genügender Genauigkeit drei Methoden der Darstellung unterscheiden:

1. Aus Alaunfels. Das Material liefert neben der schwefelsauren Thonerde auch das schwefelsaure Kali.

2. Aus Alaunschiefer und Alaunerde. Diese Substanzen, welche reich an Schwefelkies und Thonerde sind, geben bei ihrer Verwitterung schwefelsaure Thonerde und Eisenvitriol.

3. Aus Thon und Schwefelsäure.

1. Aus Alaunfels. Die Entdeckung des Alauns stammt aus dem Orient, vielleicht aus China. Die Türken, die mit Hülfe desselben ihr schönes Roth, (Türkischroth, Adrianopelroth), färbten, gewannen schon zur Zeit der Kreuzzüge Alaun bei Rocca in Syrien, wo Alaunfels in reichlicher Menge vorkam. Von dort verpflanzte der Toscaner Juan de Castro im 15. Jahrhunderte diese Fabrikation nach Tolfa im Kirchenstaate, wo er dieselbe Felsart aufgefunden hatte.

Der hier erzeugte Alaun, wegen seiner Reinheit lange Zeit berühmt, kam unter dem Namen römischer Alaun, Alun de Roque, in den Handel, ist indessen jetzt durch die eben so guten und billigeren Producte der folgenden Processe größtentheils verdrängt worden.

Der Alaunfels findet sich besonders in der Nähe noch thätiger oder erloschener Vulkane und ist wahrscheinlich eine Metamorphose von Basalt oder kalihaltiger Lava durch die reichlich sich entwickelnde schweflige Säure.*)

*) Wie lebhaft diese Säure, besonders bei Zutritt von Wasserdampf und Luft, auf derartige Gesteine einwirkt, indem sie dabei in Schwefelsäure übergeht, kann man bei dem eigenthümlichen Kupferextractionsproceß bemerken, der auf der Marienhütte bei Unkel am Rhein angewendet wird. Hier wird gut gerösteter Kupferkies mit schwefliger Säure, Luft und Wasserdampf imprägnirt, in Folge dessen sich das Kupferoxyd in schwefelsaures Kupferoxyd umwandelt und durch Auslaugen gewonnen werden kann.

In Folge dieser Zersetzung entsteht ein basischer Alaun, nach der Formel KaO $SO^3 + 3 (Al^2O^3 + SO^3)$ der im frischem Zustande von Wasser kaum angegriffen wird. Durch eine gelinde Röstung werden indessen 2 Atome Thonerde abgeschieden, und Wasser löst nunmehr fertigen Kalialaun daraus auf.

Das Rösten muß bei sehr mäßiger Temperatur vorgenommen werden, indem sonst auch der Alaun zersetzt werden würde.

Man schichtet das in faustgroße Stücke zerschlagene Gestein entweder auf ein Bett von Reisig oder brennt es in einer Art Kalkofen, wie später genauer erwähnt werden soll.

Das geröstete Erz wird nun in großen Haufen an der Luft liegen gelassen, wo es in Folge der Verwitterung zu einem feinen Schlamm zerfällt, der nur mit heißem Wasser ausgelaugt zu werden braucht, um durch Abdampfen und Kristallisation sehr schönen, neutralen und absolut eisenfreien Alaun zu erhalten. Er kommt in kleinen, schwach röthlichen Kristallen in den Handel. Die rothe Farbe rührt von anhaftendem pulverförmigem Eisenoxyd her, das indessen vollständig unlöslich im Wasser ist und sich daher leicht durch Absetzen entfernen läßt.

2. Aus Alaunschiefer und Alaunerde. Die größte Menge Alaun wird aus eigenthümlichen thonigen Ablagerungen gewonnen, welche die Steinkohlen- und Braunkohlenflöze häufig begleiten. Wie im ersten Kapitel erwähnt worden ist, sind diese untergegangenen Vegetationen später durch Schlammschichten bedeckt und dadurch der eigenthümliche Vermoderungsproceß eingeleitet worden.

Es begreift sich, daß diese Schlammschichten nicht leicht frei von allen organischen Beimengungen gefunden werden. Es scheint nunmehr wahrscheinlich, daß in einzelnen Fällen das Wasser, in welchem der Thon suspendirt war, eine wechselnde Menge von schwefelsaurem Eisenoxydul und freier Schwefelsäure enthielt.

Der langsame Oxydationsproceß der organischen Substanzen nahm seinen Sauerstoff aus der Umgebung und entzog denselben natürlich auch dem Eisensalze und der Schwefelsäure.

Als Residuum blieb Doppelschwefeleisen, das sich in zweierlei Formen, als Schwefelkies oder Wasserkies, bald in großen Kristallen, bald mikroscopisch fein vertheilt, ausschied.

Zu diesem Ende wird er auf einer Unterlage von Basaltsäulen ausgebreitet, die nach kurzer Zeit vollständig mürbe und angefressen werden. Bei näherer Untersuchung würde man die Bildung eines solchen basischen Alauns leicht nachweisen können.

Daß diese Bildungsweise alle Wahrscheinlichkeit für sich hat, lehren ganz analoge Vorgänge, die noch heutzutage überall stattfinden.

Der schwärzlich graue Schmutz unserer Straßenrinnen verdankt seine Farbe hauptsächlich dem feinvertheilten Schwefeleisen, das durch die Fäulniß gebildet wird. Selbst in Kristallen wird das Schwefeleisen aus vitriolhaltigen Grubenwässern durch organische Substanzen ausgeschieden.

Bei dem kupferhaltigen Schiefer, wie er z. B. im Mannsfeldischen in so großer Ausdehnung vorkommt, scheint der imprägnirenden Lösung auch etwas Kupfervitriol beigemischt gewesen zu sein.

Die zur Zeit der Steinkohlenformation gebildeten Alaunerze heißen Alaunschiefer. Sie sind fest, dunkel gefärbt und von schiefriger Structur. Dahin möchten auch manche Steinkohlen zu rechnen sein, deren Klein wegen ihres reichen Gehaltes an Thonerde und Schwefelkies eine Alaungewinnung gestattet.

Die bei der Braunkohle vorkommenden Alaunerze sind meist erdiger Natur, und man bezeichnet sie vorwaltend mit dem Namen Alaunerden.

In Beziehung auf die Gewinnung von Alaun verhalten sich beide ganz ähnlich. Dieselbe besteht nun im Wesentlichen auf einer Herstellung des ursprünglich vorhandenen Eisenvitriols und der freien Schwefelsäure durch Oxydation des Schwefelkieses.

Erhitze ich Schwefelkies für sich, so verliert er die Hälfte seines Schwefels, der an freier Luft zu schwefliger Säure verbrennt. Kommt diese mit feuchten porösen Körpern, besonders bei etwas erhöhter Temperatur zusammen, so geht sie, natürlich wenn Sauerstoff im Ueberschuß vorhanden ist, in Schwefelsäure über. Während bis dahin der Schwefelkies, wenigstens der in groben Kristallen, der Oxydation bei niedriger Temperatur, dem sogenannten Verwittern, Widerstand leistete, geht das durchs Rösten entstandene Einfachschwefeleisen aufs leichteste in schwefelsaures Eisenoxydul über.

Wasserkies bedarf dieser Vorbereitung nicht, da er an der Luft, selbst in den Schränken unserer Mineraliensammlungen, aufs rascheste zu Eisenvitriol zerfällt. In Schlesien verarbeiten mehrere Werke einen wasserkieshaltigen Torf, der beim bloßen Liegen an der Luft unter heftiger Erhitzung eine Menge Eisenvitriol, daneben aber soviel freie Schwefelsäure liefert, daß diese durch hineingeworfenes Eisen gesättigt werden muß.

Mit dieser Erzeugung von Schwefelsäure und Eisenvitriol ist indessen der Proceß durchaus noch nicht abgeschlossen. Das schwefelsaure Eisenoxydul verwandelt sich in Berührung mit Luft allmählich in schwefelsaures Eisenoxyd, welches beim Erhitzen seine sämmtliche Schwefelsäure abgiebt und da-

durch wieder eine neue Quelle von freier Schwefelsäure, eine neue Veranlassung zur Bildung von schwefelsaurer Thonerde giebt.

Der rothe Schlamm, der sich beim Abdampfen derartiger Laugen absetzt, ist größtentheils nichts anderes, als basisch schwefelsaures Eisenoxyd. Will man ihn vermeiden, so kann dies am besten durch Abhalten der Luft oder durch Einwerfen von altem Eisen in die Abdampfgefäße geschehen, da dieses das Eisenoxyd immer wieder in Eisenoxydul zurückführt.

Man darf indessen nicht glauben, daß bei einem so ungleichartigen Gemenge, wie die Alaunerze sind, bei der Unmöglichkeit, die Temperatur in dem Maaße zu reguliren, daß alles Eisenoxydsalz zersetzt, dagegen noch keine schwefelsaure Thonerde zerlegt wird, alle diese Processe in der hier vorausgesetzten Reinheit und Vollendung vor sich gehen.

Die Anfangsglieder der Reaction sind Doppelschwefeleisen und Thonerde, die Endglieder sind Alaun und Eisenvitriol.

Die kleinen chemischen und mechanischen Verschiedenheiten in der Mischung der vorliegenden Erze bedingen auf den verschiedenen Alaunwerken mannigfach abweichende Verfahrungsarten, die vollständig hier zu erwähnen, viel zu weitläufig sein würde.

Im Ganzen wird etwa folgender Gang eingehalten. Die frischgeförderten Erze werden auf einer für Wasser möglichst undurchdringlichen Sohle in länglichen Haufen aufgeschüttet. Durch Aufschlagen eines fetten Thons im halbfeuchten Zustande kann man diese Wasserdichtheit am Besten herstellen, und man giebt dann dieser Thonsohle eine schwache Neigung entweder gegen das Ende oder die Mitte der Haufen, von wo aus alles sich ansammelnde Wasser nach einem Reservoir ablaufen kann.

Sind die Erze dichter, ist besonders der Schwefelkies in compacteren Massen vorhanden, so ist es unumgänglich, die Erze vorher zu rösten.

Man legt zu diesem Ende ein Bett von Reisholz, baut auf demselben in der Mitte aus groben, leicht brennbaren Erzstücken eine Art Längsgasse und schüttet nun darauf allmählig immer kleinere Stücke, die zuletzt mit ausgelaugten Rückständen bedeckt werden. Die letzteren sind noch reich an Thonerde und nehmen daher die letzten Spuren von Schwefelsäure auf.

Thonerde ist nämlich in allen diesen Fossilien, natürlich in Verbindung mit Kieselerde als Thon, in reichlicher Menge vorhanden, eine Verbindung, die ihre Basis leicht an die stärkere Schwefelsäure abtritt.

Ein solches Rösten wird z. B. in dem ausgezeichneten Alaunwerke von Schattenmann zu Buchsweiler im Elsaß mit Erfolg angewendet. Das Erz ist aus einem Braunkohlenflöz entnommen, das sehr reich an Schwefelkies und Thon

ist. Das Brennmaterial zu den weiteren Abdampfen liefert ein höher liegendes, reineres Flöz.

Nach Vollendung der Haufen werden sie von der Längsgasse aus durch Einschieben glühender Kohlen entzündet.

Bei andern Werken ist dieses Anzünden der Haufen nicht nöthig, indem sie von selbst durch die Verwitterung des Schwefeleisens in eine langsame Verbrennung gerathen, die man durch Luftzuführung mittelst sog. Lutten, welche an der Sohle des Haufens angebracht sind, zu unterhalten, durch Bedecken mit Erde und Festschlagen zu mäßigen und zu leiten sucht.

Es scheint, als ob die auftretende schweflige Säure einen verlangsamenden Einfluß auf die Verbrennung ausübe, wie dies bekanntlich alle sauren Gase thun. Auch bildet sich durch den einfallenden Regen bald von selbst eine den übermäßigen Luftzutritt abhaltende Kruste.

Die schwache Lauge, die aus dem eindringenden Regenwasser entsteht, verdampft natürlich vorzugsweise an der Oberfläche, und indem nun immer neue nachdringt, setzt sie als Rückstand eine feste Kruste von Salzen ab.

Solche, viele Tausende von Kubikfußen fassende Haufen müssen oft Jahre lang diesem Röst- resp. Verwitterungsproceß unterliegen, ehe sie als vollständig erschöpft zur Seite geschafft werden.

Auf einzelnen Alaunwerken wird die Ordnung der Operationen in der Art umgekehrt, daß die freiwillig verwitterten und durch wiederholtes Auslaugen erschöpften Erze schließlich dem Röstungsprocesse unterworfen werden, damit der rückständige unzersetzte Schwefelkies aufgeschlossen wird und zur Verwendung kommt. So auf dem Alaunwerk Neuglück bei Eisleben.

Das Auslaugen der gebildeten Salze beginnt, sobald die Auswitterungen von schwefelsaurer Thonerde und Eisenvitriol in hinreichender Menge sich zeigen. Bei reichen Erzen lohnt es sich, die Erze in besondere Bassins zu schaffen, die aus Bohlen zusammengeschlagen und mit fettem Thone verstampft sind. Zu unterst bringt man eine Lage Stroh, die als Filtrirmaterial dient, darauf lose Bretter und endlich darauf das Erz in regelmäßiger Schichtung. Am tiefsten Punkte ist ein Hahn oder Zapfen angebracht, um die Flüssigkeit abzulassen.

Gewöhnlich sind drei Kästen in Absätzen über einander und dem entsprechend auch drei Reservoire vorhanden.

Das erste Reservoir ist für die siedewürdige Lauge von 29° B., das zweite für die von 19° B., das dritte für die schwächste Lauge bis zu 9° B. bestimmt.

Zu diesen Reservoirs führt eine schwach geneigte Rinne, und eine andere, etwas höher angebrachte und nach den Kästen zu geneigte schafft die schwachen

Laugen, wie sie durch eine Pumpe gehoben werden, dorthin zurück. Eine dritte Rinne endlich führt frisches Wasser zu.

Setzen wir nun voraus, daß die drei Kasten mit resp. zweimal, einmal und gar nicht ausgelaugtem Erze gefüllt sind. Es kommt dann auf den ersten Kasten frisches Wasser, auf den zweiten Lauge von 9° B., auf den dritten von 19° B. Letztere läuft als siedewürdige Lauge, die zweite als Lauge von 19° B. ab, während der dritte Kasten Lauge von 9° B. liefert und damit erschöpft ist, so daß sein Inhalt auf die Halden gestürzt werden kann. Ein geringer Rückhalt von Schwefelsäure, ein größerer von Gyps macht ihn geeignet zum Desinficiren von Dünger, sowie zum Bestreuen von Wiesen, deren Ertrag er durch Absorption des Ammoniaks aus der Luft nicht unbedeutend steigert. Der erste Kasten wird nun mit frischem Erze beschickt und dann als dritter in die Reihe rangirt. So erhält man schließlich nur siedewürdige Lauge.

Bei denjenigen Werken, wo Massen von armen Erzen verarbeitet werden müssen, würde das Ein- und Ausfahren in die Kasten zu viel Mühe machen, und sie werden daher gleich in den Haufen ausgelaugt, indem man auf dieselben Wasser pumpt, sobald man glaubt, daß sich durch die Verwitterung genug Salze gebildet haben, um die Auslaugung zu lohnen.

Auf dem angeführten Werke zu Neuglück erhält man so im ersten Jahre besonders Eisenvitriol und wenig Alaun. Die Ausbeute an letzterem nimmt allmählig zu, bis endlich bei dem schließlichen Todtrösten, wobei das Eisenoxydsalz zersetzt wird, fast reine Alaunlauge erhalten wird.

Das aufgepumpte Wasser dringt bis auf die Sohle des Haufens durch und läuft durch eingelegte Röhren aus Holz in die Reservoire ab.

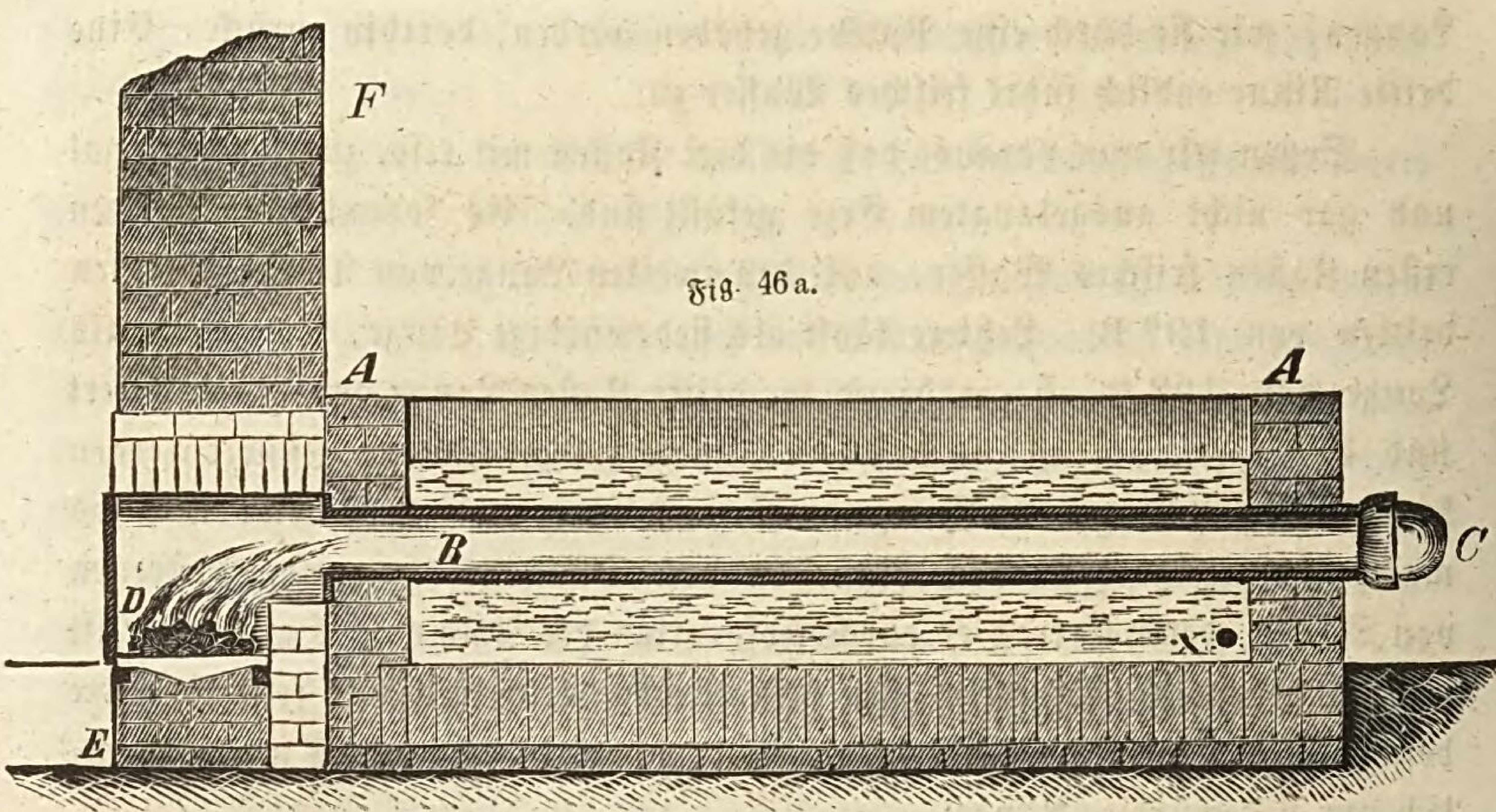
Es ist versucht worden, die erhaltenen schwachen Laugen durch Gradiren zu concentriren, indem der entstehende Verlust an Eisenvitriol, (durch Absatz von basisch schwefelsaurem Eisenoxyd auf den Dornen), durch die Ersparniß an Brennmaterial bei Weitem überwogen wird.

Die erhaltenen Laugen müssen schließlich zur Kristallisation abgedampft werden. Dabei sind eiserne Behälter ganz unthunlich, da sie sehr bald von der Lauge zerfressen sein würden.

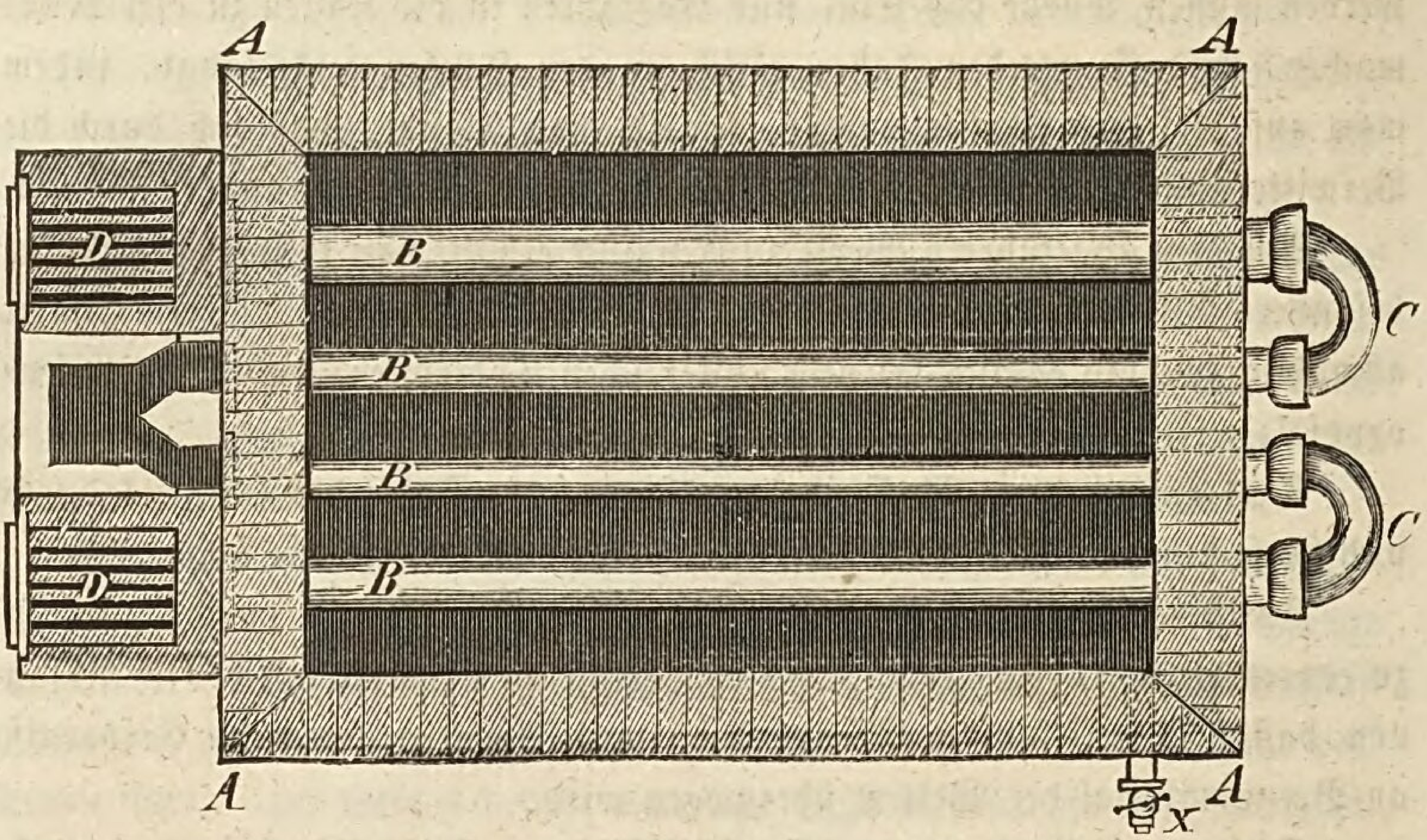
Bleierne Pfannen haben anderseits den Uebelstand, daß sie sich leicht verbiegen und daher meistens auf Eisenplatten aufgesetzt werden müssen, und daß sie ferner dem Durchschmelzen sehr unterworfen sind, wenn der sich bildende Niederschlag auf dem Boden fest brennt.

Sehr zweckmäßig sind mit Cement gemauerte Bassins, die bei richtiger Construction vollständig dicht sind.

Fig. 46 a.



b



Abdampfbassin für Alaunrohlaugen, a im senkrechten Durchschnitt, b Ansicht von oben. AA gemauertes Bassin. BB gußeiserne Röhren mit Muffen, durch die Verbindungsstücke CC verbunden. DD Feuerräume; E Aschenfall; F Schornstein. x Hahn zum Ablassen.

Die Erhitzung der Lauge in denselben kann durch gußeiserne Röhren stattfinden, durch welche die Flamme streicht. Sie bekleiden sich bald mit einer festen Kruste von basischem Eisensalz und werden dann wenig mehr angegriffen. Fig. 46 zeigt eine solche Einrichtung, wie sie auf dem Alaunwerke zu Buchsweiler im Elsaß üblich. Bei den meisten neuern Einrichtungen ist dagegen das Princip des Flammofens angewendet, wie es oben bei

der Pottasche aus Melassenschlempe beschrieben worden ist und wie es beistehende Zeichnung Fig. 47 zeigt.

Um Ruß und Asche zu vermeiden, ist es noch zweckmäßiger, wenn die Feuerungen sehr tief liegen. In Folge davon bildet sich ähnlich, wie in einem sogenannten Gasgenerator, Kohlenoxydgas, das dann erst mit Luft gemischt und durch eine besondere Zündfeuerung entzündet wird.

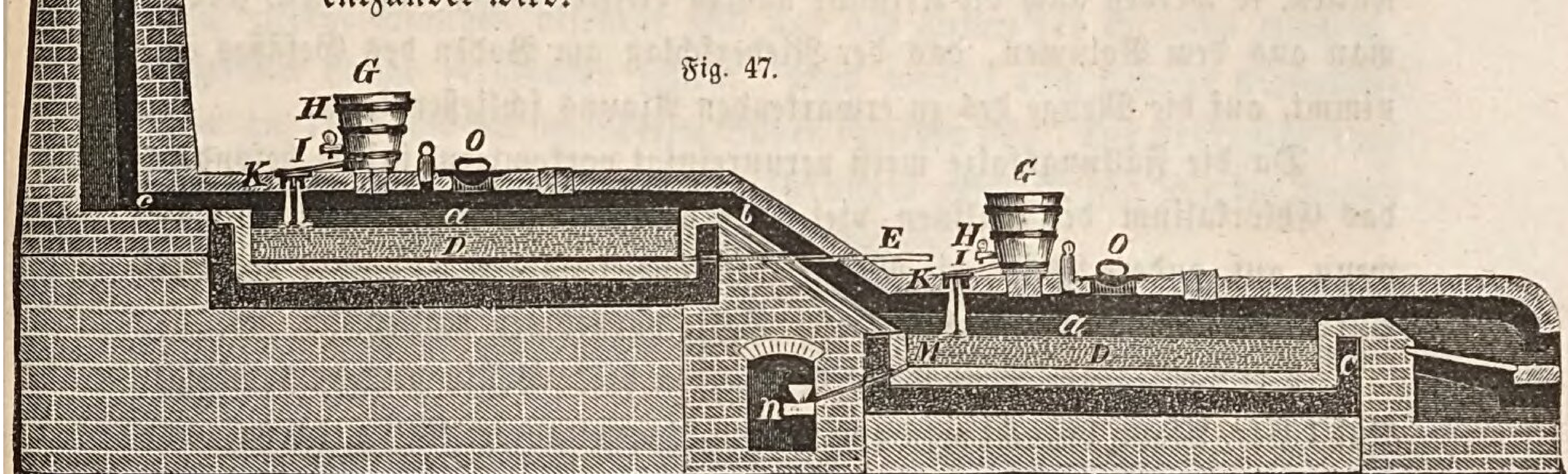


Fig. 47.

Flammofen zum Abdampfen der Alaunrohlaugen.

DD Gemauerte Bassins zur Aufnahme der Lauge; C Schicht von fettem Thon; E Röhre, welche die vorgewärmte Lauge in das untere Bassin, M Röhre, welche sie aus diesem nach der Rinne n führt. GG Laugenständer mit Hähnen H und Rinne I. OO Mannlöcher. KK Oeffnungen zum Einströmen der Lauge. aa Flüssigkeitsstand. b und c Füchse.

Die hinreichend abgedampfte Lauge wird nun in möglichst große Kristallisirbehälter gebracht, in welchen der Eisenvitriol anschießt. Sie werden am zweckmäßigsten aus Mauerwerk construirt, das im Boden eingelassen ist und mit hydraulischem Cement verstrichen wird. Zwischen Boden und Mauerwerk wird Beton, d. h. ein Gemenge von Kiesgerölle und hydraulischem Cement eingefüllt, das später zu einer fast unzerstörbaren Masse erhärtet. Dränge Flüssigkeit zwischen Mauerwerk und Erdwand und käme dieselbe nun im Winter zum Gefrieren, so würden gerade Wände durch die dabei erfolgende Ausdehnung leicht nach innen zusammengedrückt werden. Man giebt ihnen daher eine kleine Wölbung nach außen, so daß sie diesem Drucke wie Gewölbe Widerstand leisten. Ueber diese Bassins werden Bretter gelegt, in die man senkrecht herab gehende Ruthen oder Stöcke steckt, an welchen sich nun der Eisenvitriol in langen Kristalltrauben absetzt, die bei der sehr langsamen Abkühlung oft von bewunderungswürdiger Schönheit und Größe sind.

Ist diese Kristallisation beendet, was oft erst nach 14 Tagen oder 3 Wochen stattfindet, so wird die tief braun gefärbte Mutterlauge zum Fällen des Alauns in die Schüttel- oder Rührkästen gebracht.

Dies sind weite Bassins, in welchen der Zusatz der Kali- oder Ammoniaksalze geschieht. Um die davon nöthigen Mengen auszumitteln, ist es gut, etwa 100 Kubikcentimeter der Lauge in ein nach Kubikcentimetern getheiltes Gefäß zu bringen und nun so lange eine gesättigte Lösung des zum Fällen angewendeten Salzes zuzusetzen, als sich der Niederschlag am Boden noch vermehrt. Da ziemlich immer dieselben physikalischen Verhältnisse obwalten, so werden auch die Kristalle nahezu dieselbe Größe einhalten, so daß man aus dem Volumen, das der Niederschlag am Boden des Gefäßes einnimmt, auf die Menge des zu erwartenden Alauns schließen kann.

Da die Fällungssalze meist verunreinigt vorkommen, indem besonders das Chlorkalium der Salinen viel Chlornatrium enthält, so würde man, wenn auf andere Weise die Menge der schwefelsauren Thonerde bestimmt würde, eine besondere Analyse dieser Salze vornehmen müssen.

Die vorliegende Methode giebt dagegen beide Bestimmungen vereinigt. Auf 1 Ctr. Alaun braucht man von reinem schwefelsaurem Kali c. 18,8 %, von schwefelsaurem Ammoniak c. 12,6 %. Die Salze werden in möglichst wenig kochendem Wasser aufgelöst und dann unter beständigem Umrühren in die Lauge gegossen. Es setzt sich in Folge davon, eben so wie beim Salpeter, Alaunmehl in feinen Kristallkörnern ab, die, durch sorgfältiges, systematisches Waschen von der anhaftenden Mutterlauge gereinigt, vollständig reinen Alaun darstellen.

Die Alaunkristalle zeichnen sich vor dem Salpeter dadurch vortheilhaft aus, daß sie durchweg homogen sind und demnach nicht leicht Mutterlauge einschließen. Es kann daher auch, wie es z. B. auf dem großartigen Werke zu Hurlet bei Glasgow geschieht, eine Reinigung durch mehrmals wiederholte langsame Kristallisation stattfinden.

Um verkäuflich zu sein, muß das Alaunmehl in größere compacte Kristalle verwandelt werden. Zwar hat diese Form für die meisten Anwendungen die Unannehmlichkeit, ein vorhergehendes Pulvern zu verlangen, weil sich sonst der Alaun zu langsam auflösen würde, sie bietet dagegen aber auch dem Publikum die vollständigste Garantie vor Verfälschungen.

Zu diesem Ende löst man das Alaunmehl in einem Kessel mit kochendem Wasser zu einer möglichst gesättigten Auflösung auf, die man vollständig durch Absetzen sich klären läßt. Eine andere empfehlenswerthe Methode ist, dieses Auflösen durch Dampf zu bewirken, den man von unten in einen bleiernen Trichter leitet, auf dem das Alaunmehl liegt. Die Auflösung erfolgt mit großer Schnelligkeit und die Lauge fließt in ein untergesetztes Reservoir in vollständig gesättigtem Zustande ab.

Mittlerweile werden die Kristallirsirbehälter, oft von 6 bis 7 Fuß Höhe und Durchmesser, aus losen Dauben zusammengesetzt. Diese stehen in einem in dem Boden ausgesparten Ringe und die dort entstehende Fuge wird mit Thon und Kitt verstrichen. Die Dauben laufen nach oben etwas conisch zusammen und werden durch fest aufgetriebene hölzerne Reife dicht zusammengehalten. Endlich gehen noch über den Bottich einige Latten, die durch eiserne Stangen befestigt sind und das Heben des Bottichs durch die eingefüllte Lauge verhindern sollen. Man wendet auch kleinere Kristallsirfässer an, die dann mit besonderem Boden versehen sind. Der Kristallisirraum muß vor Luftzug und heftigen Erschütterungen geschützt sein und der Boden eine Neigung nach einem Laugenreservoir haben.

Die Kristallisation ist oft erst nach 8 bis 14 Tagen beendigt, wo dann die Wände sich mit einer dicken Kruste der prachtvollsten Octaëder bekleidet haben.

Man schlägt alsdann die Reifen herauf, entfernt die Dauben, läßt die Mutterlauge durch Bohrlöcher am Boden aus dem Alauncylinder heraus und spült mit etwas kaltem Wasser nach.

Der gewöhnlich schmutzig gefärbte Boden wird durch Absägen beseitigt und dann die kleinern Alauntonnen ganz, die großen in Stücke zersägt, mit Stroh verpackt und versendet. Dieser einmal umkristallisirte Alaun genügt zu allen gewöhnlichen Anwendungen. Wird besonders reiner und eisenfreier Alaun verlangt, so zerschlägt man die Kristalle in etwa faustgroße Stücke, bringt sie in einen Weidenkorb und taucht sie einige Zeit in reines kaltes Wasser, wodurch der letzte Rest von anhaftender Mutterlauge beseitigt wird.

3. Alaungewinnung aus Thon und Schwefelsäure.

In Gegenden, wo, wie in England, die Schwefelsäure sehr wohlfeil und wo ein eisenfreier Thon zur Hand ist, kann die directe Darstellung von schwefelsaurer Thonerde und Alaun aus diesen Materialien vortheilhaft sein.

So z. B. werden jetzt die als Brennstoff werthlosen Coaks der früher erwähnten merkwürdigen Bogheadkohle, die reich an Thonerde, dagegen fast absolut frei von Eisen sind, durch schwaches Erhitzen mit Schwefelsäure aufgeschlossen, ausgelaugt und auf Alaun verarbeitet.

Hier liegt der Thon schon im gebrannten Zustande vor. Frischer, plastischer Thon muß vorher besonders, obwohl nur schwach, gebrannt werden, weil er im frischem Zustande nur wenig von Schwefelsäure angegriffen wird.

So wurde vor einigen Jahren in einer Schwefelsäurefabrik bei Halle aus dem daselbst vorkommenden, sehr reinen Kaolin in ziemlich großer Aus-

dehnung reine schwefelsaure Thonerde dargestellt. Der Kaolin wurde zuerst in Ziegel geformt und schwach gebrannt.

Die erhaltenen porösen Steine wurden sodann zuerst zum Auffangen der sehr sauren Mutterlaugen des fertigen Productes verwendet und schließlich mit einer genügenden Menge Kammersäure in Bleikesseln längere Zeit schwach erwärmt.

Sie zerfielen dabei in einen feinen Schlamm, der von der ausgeschiedenen Kieselsäure des Thons gallertartig erschien und mit heißem Wasser angerührt und ausgelaugt, eine fast reine Lösung von schwefelsaurer Thonerde lieferte.

Die letzten Spuren Eisen wurden durch Blutlaugensalz gefällt und die Laugen alsdann fast zur Syrupsdicke verdampft, wo dann beim Erkalten feine, glimmerartige Blättchen von neutraler schwefelsaurer Thonerde anschossen, die auf die erwähnte Art von Mutterlauge befreit und dann verpackt und versendet wurden. Das erhaltene Product war sehr schön weiß, fast säurefrei und von ziemlich constanter Zusammensetzung. Es enthielt nach einer Analyse von mir 16 $\frac{0}{0}$ Thonerde, also bedeutend mehr, als der Kali- und Ammoniakalaun.

Es wurde in einer sehr bedeutenden Papierfabrik zum Leimen des Papierzeugs mit demselben Erfolge, wie der Alaun angewendet.

Nur die große Reinheit des Hallischen Kaolins macht diese Fabrikationsweise statthaft, während bei unreineren Materialien die Fällung durch Kali- oder Ammoniaksalze nicht zu umgehen ist.

Elftes Kapitel.

Thierische Abfälle, Knochenkohle und Ammoniakgewinnung, Blutlaugensalz und Berlinerblaufabrikation. Darstellung des Phosphor.

Die vorstehenden Fabrikationszweige finden sich durch das Bindeglied des Ammoniakalauns häufig mit der im vorigen Kapitel abgehandelten Eisenvitriol- und Alaungewinnung vereinigt. Man könnte sie unter dem allgemeinen Titel „Verwendung thierischer Abfälle" zusammenfassen, wäre dann aber z. B. beim Leim gezwungen, in das Gebiet der organischen Chemie überzugreifen. Ich wähle den Ausweg, hier diejenigen Verarbeitungen derselben zu erwähnen, deren Endproduct unzweifelhaft dem unorganischen Theile der Chemie zufällt, während die höchst wichtigen Verwendungen als Dünger, zur Leimerzeugung 2c. an den passenden Stellen des zweiten Theiles erwähnt werden sollen.

Alle hierher gehörige Fabrikationen vernichten die organische Natur dieser Stoffe durch starke Erhitzung, und sie sehen sich daher auf diejenigen Abfälle beschränkt, die in geringerem Maaße als die übrigen thierischen Theile mit Wasser getränkt sind.*)

Die hierher fallenden Substanzen gehören größtentheils den Epidermis- oder Hautgebilden und dem Knochengerüste an. Zu ersteren sind die Haut- und Lederabfälle, in besonders reichlicher Menge die alten Schuhe und Stiefeln zu rechnen, ferner Federn, Haare und Wolle, letztere meistens als

*) Alle diejenigen Substanzen, welche, wie Muskelfleisch, Blut, Excremente 2c. oft zu $^{9}/_{10}$ aus Wasser bestehen, würden die Kosten des Transports, sowie des zum Verdampfen nöthigen Brennmaterials nicht tragen und können daher meistens nur in der Nähe des Gewinnungsortes am besten, ohne vorhergehende Trocknung, zum Düngen verwendet werden.

Lumpen, endlich Hufe und Hörner, so weit dieselben nicht von den Kammmachern und Drechslern benutzt werden.

In die zweite Klasse gehören die Knochen der größeren Säugethiere, von denen höchstens die stärkeren Röhrenknochen ausgenommen sind, deren sich die Drechsler statt des Elfenbeins bedienen. In Abzug kommt ferner die sehr große Quantität, die zu Knochenmehl verwandelt und als Dünger benutzt wird.

Die große Menge dieser Rohmaterialien setzt anfangs Jeden, der solche Fabriken betritt, in Erstaunen.

Eine nähere Ueberlegung läßt aber bald von dieser Ueberraschung zurückkommen. Um an einem einzigen Beispiel die Möglichkeit solcher massenhaften Ansammlung von Abfällen nachzuweisen, braucht man hierzu nur die abgängig gewordenen Fußbekleidungen zu wählen. Schlesien besitzt ungefähr eine Einwohnerzahl von 2 Millionen Menschen, die bis auf wenige Districte, wenigstens im Winter, Schuhe oder Stiefeln zu tragen gewöhnt sind. Rechnen wir nun den gewiß sehr niedrigen Satz, daß jeder derselben alle 2 Jahr ein Paar Stiefeln 2c. bis zur Unbrauchbarkeit aufgetragen hat, so macht dies jährlich eine Million, die in die Abfälle kommen, oder wenn wir das Gewicht eines einzelnen Paares im abgetragensten Zustande zu 1 Pfd. annehmen, 10,000 Ctr.

Eine ähnliche Rechnung läßt sich bei den wollenen Lumpen anstellen.

In Breslau werden jährlich 60,000 Ctr. Wolle zum Frühjahrswollmarkte verkauft, in den übrigen Städten der Provinz und auf den Gütern etwa ebensoviel. Nehmen wir nun an, daß $^5/_6$ dieser Menge als rohe Wolle und als fertiges Tuch aus der Provinz gehen, daß von den rückständigen 20,000 Ctr. noch die Hälfte bei der Verarbeitung und durch das Abtragen des Tuches verloren geht, so bleiben immer noch 10,000 Ctr. wollene Lumpen übrig.

Um die Menge der abfallenden Knochen annähernd zu schätzen, braucht man nur die Verbrauchslisten größerer Städte an Schlachtvieh anzusehen und dabei zu bedenken, daß das Knochengerüst eines lebenden Thieres ungefähr $^2/_5$ seines Gewichtes ausmacht.

Man wird sich aber noch mehr verwundern, daß die ungeheure resultirende Menge doch in einzelnen Localitäten nicht ausreicht, so daß die Preise der rohen Knochen und der daraus gewonnenen Producte von Jahr zu Jahr steigen. Dieser Umstand hat zur sorgfältigsten Auffammlung der Knochen-

reste, selbst in weitentlegenen Gegenden geführt, der nur die Unanehmlichkeiten des Transports im Wege stehen.*)

Die Mannichfaltigkeit der Producte, die wir aus thierischen Abfällen ziehen, läßt sich leicht aus der sehr complicirten Zusammensetzung derselben ableiten. Alle diese Stoffe enthalten in ihren organischen Theilen Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff. Die unorganischen Aschenbestandtheile sind vorzugsweise reich an Phosphorsäure und Kalk.

Der Kohlenstoff, mit etwas Stickstoff verbunden, giebt die Thierkohle, die in den Knochen durch die Dazwischenlagerung des unschmelzbaren phosphorsaurem Kalkes so fein vertheilt wird, daß ihre große Oberfläche die entfärbenden und absorbirenden Eigenschaften der Knochenkohle erklärt.

Unter dem Einflusse der Alkalien treten Kohlenstoff und Stickstoff im Verhältniß von C^2N zu Cyan zusammen, das mit Kalium und Eisen das Blutlaugensalz bildet. Durch Zusatz eines Eisensalzes wird hieraus Berlinerblau erzeugt. Durch Erhitzen, eben so wie durch Fäulniß vereinigt sich der Stickstoff ferner mit Wasserstoff zu Ammoniak, das als Product der trocknen Destillation auf einmal, als Product der Fäulniß allmählich entbunden wird und bekanntlich ausgezeichnet düngend wirkt. Endlich die Phosphorsäure der Knochen liefert durch Reduction mittelst Kohle Phosphor.

---

*) Der Güte eines Freundes, der als Arzt auf der preußischen Marine eine Uebungsfahrt derselben nach Amerika mitmachte, verdanke ich Mittheilungen über die ungeheuren Knochenvorräthe, die sich in Montevideo und Buenos-Ayres finden. Bekanntlich erhalten wir von dort die besten und meisten Rindshäute. Die großen Gutsbesitzer jener Gegend, deren Reichthum vorzüglich in den unermeßlichen Rinderheerden besteht, die halb wild auf den Pampa's weiden, treiben diese, der Ersparniß des Transportes halber, nach diesem Einschiffungshafen, wo sie massenweis geschlachtet werden. Blos die Haut, die Hörner und der Talg sind Handelsartikel; das Pfund des besten Fleisches gilt ca. 3 Pfennige, der Rest fällt den Hunden, den Geiern und der Verwesung anheim. Die Knochen, welche zuletzt übrig bleiben, häufen sich so massenhaft an, daß z. B. ein mehrere hundert Schritt langer, sehr hoher und breiter Damm allein aus Ochsenschädeln erbaut werden konnte. Die Schiffer nehmen die Knochen ungern als Fracht, angeblich weil die Schiffe Würmer bekommen.

Sollte es nicht möglich sein, durch Verwandlung der Knochen in Knochenkohle an Ort und Stelle das Volumen zu verringern, die Unannehmlichkeit des Transportes ganz zu umgehen.

Freilich fehlt es sehr an Brennmaterial, so daß meistens englische Steinkohlen verwendet werden; indessen läßt sich der Verbrauch derselben gerade bei der Darstellung der Knochenkohle sehr verringern.

A. Knochenkohle und Ammoniak.

Die trocknen Knochen enthalten ihrer chemischen Zusammensetzung nach

c. 50 % phosphorsauren Kalk $_3CaO + PO^5$.

c. 10 % kohlensauren Kalk.

c. 40 % leimgebendes Gewebe oder Knorpel, Fett ꝛc.

Betrachten wir einen feinen Durchschnitt derselben unter dem Mikroscop, so finden wir, daß die unorganischen Theile eigenthümlich geformte Knochenzellen bilden, die aus kleinen Höhlungen bestehen, welche nach allen Richtungen hin kleine Kanäle aussenden und durch sie mit den nächstliegenden Zellen verbunden sind. Die Wände sind mit der Knorpelsubstanz überzogen, die ganz analog dem Bindezellgewebe, den Ligamenten oder Sehnenbändern, der Haut ꝛc. zusammengesetzt ist und wie diese beim längeren Kochen mit Wasser Leim liefert. Die Knochen sind nur mit wenigen Blutgefäßen durchzogen und werden durch dieselben nur zum kleinsten Theile ernährt. Nerven fehlen in der Substanz des Knochen selbst, sind aber in der sehr empfindlichen Beinhaut, welche die Knochen überzieht, concentrirt.

Von hier aus findet auch vorzüglich die Ernährung und Reproduction der Knochen statt, wie dies durch das allmählig nach innen zu lockerer werdende Gefüge, sowie durch die Erscheinungen bei Knochenbrüchen bewiesen wird.

Im zarten Kindesalter, mehr aber noch im Foetus, sind die Knochen sehr arm an phosphorsaurem Kalk und daher sehr biegsam, kurz wahre Knorpel. Der phosphorsaure Kalk, den das Kind in der Muttermilch in reichem Maaße empfängt, wird allmählig in den Knochen abgelagert und macht sie fest und widerstandsfähig. Wo dieser Proceß durch unzweckmäßige Nahrung und andere ungünstige Verhältnisse gehindert wird, treten Rhachitis und Knochenverkrümmungen ein.

Nach ihrer allgemeinen Gestalt unterscheidet man Röhren- und flache Knochen. Erstere haben häufig in ihrem Innern eine mit Mark ausgefüllte Röhre. Dieses Mark enthält eine reichliche Menge eines sehr dünnflüssigen Fettes, das nur wenig dem Ranzigwerden unterworfen ist. Man benutzt diese Röhrenknochen wegen ihrer Structur häufig statt des Elfenbeins und kocht sie zu diesem Ende mit Wasser aus, wobei das Fett als eine dünnflüssige Schicht an die Oberfläche tritt und als Knochenöl, Klauenfett, Spicke zum Schmieren feiner Maschinen, Uhren ꝛc. Verwendung findet.

Werden die aus Knochen gedrehten Artikel längere Zeit mit verdünnter Salzsäure digerirt, so werden die unorganischen Substanzen gelöst und die

Knorpelsubstanz bleibt als durchscheinende Masse zurück, die biegsam und elastisch ist, beim Trocknen aber wieder erhärtet.

Durch Kochen gibt sie Knochenleim, s. d.

Die flachen Knochen des Schädels, die Rippen 2c. bestehen aus zwei festen äußeren Schichten, die zwischen sich ein großmaschiges, ebenfalls mit Fett erfülltes Gewebe lassen.

Die leimgebende Substanz für sich erhitzt gibt, wie alle thierischen Substanzen, unter vorhergehender Schmelzung eine großblasige, glänzende, schwerverbrennliche Kohle, die nicht die geringsten entfärbenden Eigenschaften zeigt. Werden derselben aber schwer schmelzbare unorganische Stoffe innig beigemischt, so wird sie dadurch so fein vertheilt, daß sie die erwähnte Erscheinung des Entfärbens im ausgezeichneten Maaße darbietet. So wird z. B. die sogenannte Blutkohle erhalten, indem man Blut mit einer hinreichenden Menge kohlensauren Kali's versetzt und zur Trockne eindampft. Es tritt schon hier eine vollständige Auflösung der thierischen Substanz und eine partielle Zersetzung ein, die sich indessen erst durch ein mäßiges Glühen vollendet.

Wird nun das kohlensaure Kali durch Wasser ausgelaugt, auch wohl die übrigen unorganischen Substanzen, wie Eisenoxyd 2c. durch Kochen mit verdünnter Salzsäure beseitigt, so bleibt eine äußerst fein vertheilte, matte Kohle zurück, die ausgezeichnet entfärbend wirkt.

Was hier durch mühsame und kostspielige Operationen bewirkt wird, das leisten die Knochen schon vermöge der oben erwähnten Structur. Die Knochenzellen verändern ihre Form bei der angewendeten Temperatur nicht im mindesten, während ihre Wände, statt mit Knorpel, mit fein vertheilter Kohle überzogen werden.

Wie groß die dadurch gewonnene Fläche ist, erhellt schon daraus, daß der Durchmesser der Knochenzellen ungefähr $^1/_{100}$ einer Linie ist. Denken wir uns nun einen Kubikzoll Knochenkohle mit kleinen Kuben von obigem Durchmesser erfüllt oder in drei Richtungen durch je 1200 mit Kohle überzogene Flächen von je 2 Quadratzoll Oberfläche durchsetzt, so erhalten wir die ungeheure Oberfläche von 7200 □" für 1 Kubikzoll Knochenkohle. Die Rechnung bleibt weit unter der Wirklichkeit, indem wir die Oberflächen der Knochenkanälchen, sowie die Vergrößerung derselben durch die Porosität der Kohle an und für sich außer Rechnung gelassen haben.

Es ist nun ein allgemeines physikalisches Gesetz, daß feste Körper auf ihrer Oberfläche Gase, Dämpfe, Farb- und Riechstoffe condensiren. Diese höchst merkwürdige Erscheinung ist erst in neuerer Zeit näher studirt worden,

und sie zeigt sich besonders klar und einfach bei den sogenannten Thau- und Wärmebildern.

Die mannigfaltigen irrigen und vagen Vorstellungen, welche durch die ersten Entdecker dieser Erscheinungen, Moser in Königsberg und Knorr in Kasan verbreitet wurden, sind durch die geistreichen und gründlichen Untersuchungen des Dr. Waidele in Wien auf dieses Gesetz der Absorption zurückgeführt worden. Ich ergreife mit Freuden die Gelegenheit, hier dieses meines lieben Freundes zu gedenken, der leider das Licht des Geistes verloren hat, ein Schicksal, das die Wissenschaft aufs Tiefste beklagen muß.

Die ersten Entdeckungen Mosers bestanden bekanntlich darin, daß sich das Gepräge einer Münze, die Umrisse einer geschnittenen Camée, wenn dieselben einige Zeit auf eine Glas- oder Metallplatte gelegt wurden, nach dem Anhauchen der Glasplatte auf derselben abbildeten. Auf einer versilberten Kupferplatte, wie sie zu den Daguerreotypbildern angewendet wird, wurde ein sehr deutliches, bleibendes Bild durch Quecksilberdämpfe hervorgerufen. So lange man diese Erscheinungen indeß von unsichtbaren Lichtstrahlen, von Molecularveränderungen des Glases ꝛc. ableitete, fanden sich unzählige Widersprüche, die nun durch Waidele's Versuche und zwar aufs Gründlichste und Vollständigste erklärt sind.

Er zeigte, daß zum Hervorbringen des Bildes unumgänglich nöthig war, daß die Oberfläche der Münze und der Platte verschiedenartig erwärmt oder gereinigt waren. Putzte er eine Silberplatte zur Hälfte mit ausgeglühtem, zur andern Hälfte mit lange an der Luft gelegenen Tripel oder Eisenroth, so wurde bald auf dieser, bald auf jener Hälfte das Bild der Münze hervorgerufen, je nachdem dieselbe unmittelbar oder nach vorhergehender Erwärmung und Reinigung aufgelegt wurde. Er wurde hierdurch zu dem ganz natürlichen Schluß geführt, daß die ganz gereinigte Platte der rohen Münze einen Theil der auf ihr condensirten Gasarten entzog und zwar besonders auf den hervorragenden Stellen, die in die nächste Berührung gekommen waren. Wurde die Platte nun angehaucht, so condensirte sich der Wasserdampf besonders an der gasfreien Oberfläche, also an den Stellen, die den Vertiefungen der Münze entsprachen. Auf der andern Seite der Platte, die mit einer Gashülle überzogen geblieben war, gab umgekehrt die Platte Gas an die gereinigte Münze ab und zwar wieder an den Stellen am meisten, die den Erhabenheiten entsprachen. Beim Anhauchen mußten dieselben daher den Wasserdampf vorzugsweise condensiren und deshalb das Bild der Münze in der Zeichnung wieder gegeben werden.

Professor Magnus in Berlin hat einen directen Weg eingeschlagen, um die Absorption durch Flächenanziehung sogar quantitativ zu bestimmen. Er nimmt einen luftdicht verschlossenen Glascylinder, z. B. von 1000 CC. Inhalt und bringt in denselben eine Anzahl wohlgereinigter Glasstäbe hinein, deren Volumen etwa 900 CC. beträgt und deren Oberfläche sich leicht berechnen läßt. Es bleiben in dem Glascylinder demnach noch 100 CC. Luft. Bringt man nun durch eine Compressionspumpe noch 100 CC. hinzu, so sollte das angebrachte Manometer eigentlich 2 Atmosphären anzeigen. Der Druck ist aber geringer, eben weil die unverhältnißmäßig große Oberfläche der Glasstäbe Luft condensirt, die nun nicht mehr auf das Manometer Einfluß üben kann.

Die Färbung der Faserstoffe beruht größtentheils ebenfalls auf dieser Absorption durch Flächenanziehung. Gießen wir einen Tropfen Rothwein auf ein Tischtuch, so bemerken wir, daß der entstehende rothe Fleck mit einem farblosen feuchten Rande umgeben ist. Indem der Wein vom Centrum aus vordringt, setzt er zuerst seinen Farbestoff an die Faser ab, bis nur eine ungefärbte Flüssigkeit übrig bleibt.

Ins Unendliche wird natürlich dieser Effect gesteigert durch feine Vertheilung der festen Körper. Schon Bimstein, dessen Poren doch deutlich dem Auge sichtbar sind, ferner Brotkrume 2c. zeigen dies, und in noch viel höherm Grade findet es beim Platinschwamm und Platinmohr statt.

Fast ebenso wirksam ist frisch ausgeglühte Holzkohle. Bringe ich dieselbe in irgend ein Gas, z. B. Ammoniak, Kohlensäure, so wird dasselbe mit größter Energie und unter nicht unbeträchtlicher Wärmeentwickelung condensirt. Dies ist die Ursache, warum fein gepulverte Holzkohle, wie sie in den Pulverfabriken dargestellt wird, sich so häufig entzündet. Beim Verkohlen des Holzes tritt bekanntlich kein Schmelzen ein; die Zellen und Gefäße zeigen sich unter dem Mikroskop noch wohl erhalten. Werden dieselben nun durch Pulvern geöffnet, so ist die Luftabsorption so energisch, daß durch diese Art Compression Wärme entwickelt wird, die endlich die Entzündung veranlaßt.

Kommen wir endlich nach dieser langen, aber nothwendigen Abschweifung auf die Knochenkohle zurück, so ist sie besonders ausgezeichnet durch ihre überwiegende Absorptionskraft für Farbstoffe, Bitterstoffe und Metalloxyde. Für Gase und Riechstoffe wird sie seltener in Anwendung gezogen, weil für diese die viel billigere Holzkohle ausreicht.

Es ist indessen keinem Zweifel unterworfen, daß die Knochenkohle sich hierfür ebenfalls vortrefflich bewähren würde.

Für die genannten Stoffe hat die Kohle eine gradweise verschiedene und streng begrenzte Affinität. Bringen wir gute Knochenkohle mit einer Flüssigkeit zusammen, die wie Runkelrübensaft Wasser, neutrale Salze, Zucker, Kalk und Farbstoff enthält, filtriren wir dieselbe z. B. durch einen der gebräuchlichen mit Kohlen angefüllten Cylinder, so wird, wenn wir die Kohlen nicht vorher mit Wasser sättigen, zuerst Alles absorbirt und der Zucker unter Erhitzung verkohlt werden. Ist aber wie gewöhnlich die Kohle vorher mit Wasser getränkt worden, so fließt zuerst reines Wasser ab und zwar mehr, als ursprünglich zum Anfeuchten angewendet wurde, ein Beweis, daß alles Gelöste, ja auch der Zucker absorbirt worden und nur Wasser übrig geblieben ist. Später kommt eine salzige Flüssigkeit, was beweist, daß hierfür die Absorption zuerst verschwindet, dann eine rein süßschmeckende, aber kalk- und farbstofffreie. Noch später erlischt die Absorptionskraft für den Kalk und endlich die für den Farbstoff, womit dann die Wirksamkeit der Kohle erschöpft ist.

Metalloxyde aus alkalischer Lösung werden mit großer Energie absorbirt, und es ist wahrscheinlich, daß dabei einige derselben reducirt werden. So darf man z. B. keine Flüssigkeit, die auf Arsenik zu prüfen ist, durch Knochenkohle entfärben wollen, indem sonst auch der Arsenik in die Kohle gehen würde.

Auch Jod wird von der Kohle gebunden, so daß man vorgeschlagen hat, dasselbe mittelst Filtration durch Knochenkohle aus den damit versetzten Bädern wieder zu gewinnen. Endlich ist sie auch zur Prüfung der Biere auf zugesetzte schädliche Bitterstoffe benutzt worden. Filtrirt man verdächtiges Bier durch Knochenkohle, so läuft es farblos und fast ohne allen Geschmack ab, und aus der Kohle können dann die absorbirten Stoffe durch Weingeist oder verdünnte Säure ausgezogen und auf Strychnin 2c. geprüft werden.

Die Absorbtionskraft der Kohle, auch der aus vegetabilischen Stoffen erzeugte, ist so groß, daß es ganz unmöglich erscheint, dieselbe durch Auskochen mit Salzsäure und Auswaschen mit reinem Wasser vollständig von ihren Aschenbestandtheilen zu befreien.

Was nun endlich die Darstellung der Knochenkohle anbelangt, so ist es unmöglich, dieselbe in Meilern oder Oefen zu verkohlen, da sie dazu zu wenig organische Substanzen einschließt und sich zu leicht weißbrennen würde. Man muß daher eine Erhitzung von außen anwenden und in verschlossenen Gefäßen verkohlen. Vorher geht eine genaue Sortirung. Die sogenannten grünen, d. h. noch nicht verrotteten, frischen Knochen werden von den älteren und den ganz verwitterten gesondert, die zu wenig organische Substanz ent-

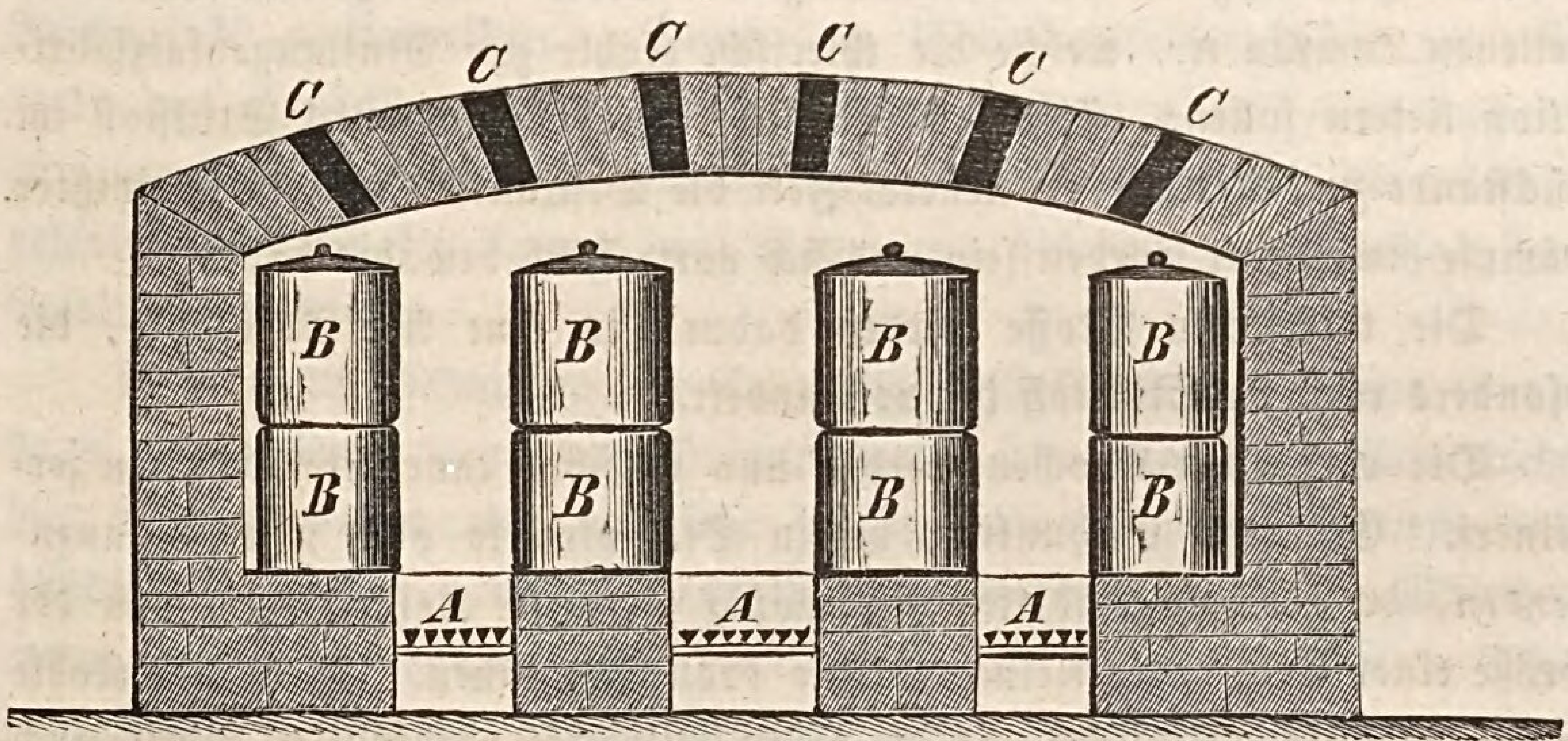
halten, um genügend schwarze Kohle zu liefern. Diese letzteren werden auf Knochenmehl oder Phosphor verarbeitet.

Die frischen Knochen, so weit man sie nicht zur Leimfabrikation verwenden will, werden gröblich zerschlagen und in einem Kessel mit Wasser ausgekocht. Nach etwa halbstündigem Kochen holt man sie mit einem Seihelöffel heraus und schöpft das auf der Flüssigkeit schwimmende Fett ab, das zum Schmieren von Maschinen, zu geringeren Seifensorten u. s. w. Anwendung findet.

In einigen neueren Fabriken wird die Zerkleinerung gleich anfangs weiter getrieben und die ausgekochten und wieder getrockneten Knochen dann gesiebt, wo dann das feine Pulver zu Knochenmehl, das grobe zu Knochenkohle verarbeitet wird.

Sei dem, wie ihm wolle, so folgt nunmehr die trockene Destillation oder Verkohlung. Wo man keine Rücksicht auf die flüchtigen Destillationsproducte nehmen will, füllt man die Knochen einfach in eiserne Töpfe BB ein, die zu 2—3 auf einander gesetzt werden. Der oberste Topf wird mit einem Deckel verschlossen, die Fugen gut mit Lehm verschmiert und diese

Fig. 48.



Knochenbrennofen.

Säulen von Töpfen nun in den Knochenbrennofen geschoben. Derselbe ist ein einfach gewölbter Raum, am Boden mit einer oder mehreren Feuerungen AAA, an der Decke mit einigen regelmäßig vertheilten Rauchlöchern CCC versehen. Die Töpfe stehen auf den Bänken, welche die Feuerungen zwischen sich lassen. Das Verkohlen erfolgt mit geringem Brennstoffaufwande, indem die sich aus den Knochen entwickelnden Gase sehr wesentlich zur Verkohlung beitragen.

Noch ehe diese Gasentwickelung ganz aufhört, sistirt man das weitere Nachlegen, schließt alle Zuglöcher und verschmiert alle Fugen gut mit Lehm, worauf dann die Hitze der Wände die Verkohlung vollendet.

Würde man länger das Feuer unterhalten, so stünde ein Weißbrennen der Knochen zu fürchten.

Die hohen Topfsäulen lassen sich erst nach dem völligen Abkühlen aus einander nehmen, und man hat deshalb statt derselben auch wohl etwas größere einfache Töpfe angewendet, die auf Schienen in den Ofen geschoben und nach vollendeter Verkohlung noch heiß auf demselben Wege herausgezogen werden.

Wo man eine günstige Verwendung für die Destillationsproducte hat und Klagen der Nachbarn über übeln Geruch nicht zu fürchten sind, werden die Knochen auch wohl in gußeisernen Blasen oder in liegenden eisernen Retorten ganz von der Form der zur Gaserzeugung benutzten verkohlt. An den Hals der Blase schließt sich dann ein Condensationsapparat für die flüssigen Producte und ferner eine gemauerte Kammer an, in der sich das feste kohlensaure Ammoniak, ein ziemlich theuer bezahlter Handelsartikel, absetzt. Die Gase werden endlich ins Freie oder besser in die Feuerung geleitet, wodurch der üble Geruch derselben am besten beseitigt wird.

Ganz analog ist die Verkohlung der Leder- und Hornabfälle, der wollenen Lumpen ꝛc., welche die thierische Kohle zur Blutlaugensalzfabrikation liefern sollen. Hier soll indessen, um möglichst viel Stickstoff im Rückstande zu behalten, in neuerer Zeit die Destillation mittelst überhitzter Dämpfe eingeführt worden sein und sich vortrefflich bewährt haben.

Die thierischen Stoffe werden dadurch in eine Art Rothkohle, die besonders reich an Stickstoff ist, verwandelt.

Die verkohlten Knochen werden nun zwischen canellirten Walzen zerkleinert. Es wäre unthunlich, hierzu Stampfwerke oder Mühlen anzuwenden, da die Zuckerfabriken nur mäßig zertheilte Kohle, etwa von der Größe einer Erbse oder kleinen Bohne brauchen können. Mehlfeine Kohle würde die Filter verstopfen und die rasche Filtration verhindern, endlich auch den Saft trüben und schwärzlich färben.

Die eine der Walzen ist mit ihrem Lager verschiebbar und dasselbe wird nur durch ein schweres Gewicht angedrückt, damit ein zufälliges Hinderniß, z. B. ein zwischen die Walzen gelangender Stein nicht das Zerbrechen derselben veranlaßt. Die Knochen werden auf den Walzen nur zerbr ochen, nicht zerknirscht. Sie fallen auf eine Reihenfolge immer feinerer Sieb e oder in einen schief liegenden Siebecylinder mit allmälig immer weiter werdenden Maschen. Man erreicht hierdurch eine sehr genaue Son-

derung in feinen Staub, Kohle von mittlerem und von zu grobem Korne. Letztere wird auf die Walzen zurückgebracht. Der feine Staub wird als schwarze Farbe, z. B. zu Stiefelwichse verwendet. Die Zumischung von Säure, z. B. von Vitriolöl, soll nur dazu dienen, durch Aufschließen des phosphorsauren Kalks die möglichst feine Vertheilung des Kohlenstoffs zu ermöglichen.

Sollte es nicht zweckmäßig sein, hierzu z. B. Salzsäure zu verwenden und den entstandenen sauren phosphorsauren Kalk 2c. durch Auswaschen zu beseitigen und zur Düngung zu verwenden. Beiläufig gesagt ist übrigens die nachtheilige Einwirkung solcher mit Schwefelsäure bereiteter Wichse sehr übertrieben worden. Wenn übermäßiger Zusatz von Schwefelsäure vermieden wird, enthält dieselbe eben nur sauren phosphorsauren Kalk, der nur in geringem Grade ätzend wirkt.

Die Wiederbelebung der gebrauchten Knochenkohle siehe bei der Zuckerfabrikation.

Was die erhaltenen Destillationsproducte anbelangt, so werden die ammoniakalischen Flüssigkeiten auf folgende Art weiter verarbeitet.

Man erhitzt sie in einer Blase mit etwas Aetzkalk und leitet das übergehende Ammoniak je nach dem Bedürfniß in verdünnte Schwefel- oder Salzsäure, muß indessen längere Zeit destilliren, um die letzten Spuren des Ammoniaks auszutreiben. Durch ein Sicherheitsrohr schützt man sich gegen das Zurücksteigen der Säure. Eben deshalb nimmt man auch die absorbirende Säure nicht zu concentrirt, sondern setzt lieber zu der allmälig gesättigten Flüssigkeit immer neue Säure zu, bis das Ammoniaksalz beim Erkalten kristallisirt.

Die directe Sättigung der Ammoniakflüssigkeiten mit Säure ist nur dann anzurathen, wenn das Brennmaterial sehr billig ist. Auch treten hier Schwierigkeiten ein, das sehr unangenehm riechende Brandöl vollständig abzuscheiden. Sehr zweckmäßig ist die Methode, welche Schattenmann in seiner ausgezeichneten chemischen Fabrik zu Buchsweiler im Elsaß zum Zugutemachen der Ammoniakflüssigkeiten anwendet und die in den Kreis einer sinnreichen Combination mehrerer verschiedener Fabrikationszweige hineingehört.

Die besten Knochen werden bei jenem ausgezeichneten Industriellen zur Darstellung eines ausgezeichneten Leims verwendet. Er zieht zu diesem Ende die unorganischen Substanzen durch Salzsäure aus und erhält so eine Lösung, die zweifach phosphorsauren Kalk und Chlorcalcium enthält.

$$3CaO + PO^5 + 2ClH = \left.\begin{matrix} CaO \\ 2HO \end{matrix}\right\} + PO^5 + 2ClCa.$$

Fügt man hierzu die Ammoniakflüssigkeit, so entwickelt sich Kohlensäure, der basisch phosphorsaure Kalk fällt nieder und die Flüssigkeit enthält Salmiak. Sie ist durch den niederfallenden phosphorsauren Kalk von vielen färbenden Substanzen befreit worden, die für die Verwendung des letztern zur Darstellung von Phosphor keinen Nachtheil bringen. Statt unmittelbar das Ammoniak zur Fällung zu verwenden, kann man dieselbe auch durch Zufügen von feinvertheiltem kohlensaurem Kalk bewirken und erst die hierbei entstehende reine Lösung von Chlorcalcium mit den ammoniakalischen Flüssigkeiten mischen.

Für das in großen Mengen übergehende, sogenannte Dippelsche Oel kennt man keinerlei Verwendung, da seine Reinigung fast unmöglich ist. Bei seinem furchtbaren Gestank thut man wohl, es direct in die Feuerung laufen zu lassen.*)

Das Verbrennen ist das sicherste Mittel, um dergleichen organische Gerüche zu zerstören.

Bei allen den Verwendungen, wo blos das Ammoniak des Salzes eine Rolle spielt, wie z. B. zum Düngen, zur Darstellung des Ammoniakalauns 2c., ist es zweckmäßig, schwefelsaures Ammoniak darzustellen, indem die Schwefelsäure, wenigstens auf dem Continente, noch bei weitem die billigste Säure ist. Ein Aeq. Schwefelsäurehydrat (49) ist in ungefähr 51—52 Theile der käuflichen Schwefelsäure enthalten, während dagegen die käufliche Salzsäure nur 33 % gasförmige Chlorwasserstoffsäure enthält, ein Aeq. (36,4) daher 109 Theilen käuflicher Säure entspricht. So lange also 51 — 52 Pfund Schwefelsäure nicht eben so viel kosten, als 109 Pfund Salzsäure, ist die Anwendung der ersteren zu obigem Zwecke zu empfehlen.

Man erhält daraus 67—68 Pfund schwefelsaures Ammoniak, während die angegebene Menge Salzsäure nur 53 Pfund Salmiak bildet.

In gewissen Fällen stellt sich die Möglichkeit heraus, die Schwefelsäure aus ihrer billigsten Quelle, dem Gyps, zu gewinnen. So soll z. B. in der Umgegend von Wien aus dem sorgfältig gesammelten, gefaulten Harn mittelst Filtration durch Gyps schwefelsaures Ammoniak in bedeutender Menge gewonnen werden. Der Harn enthält Harnstoff $CyO + NH^4O$ oder $C^2N^2H^4O^2$, der durch eine eigenthümliche Fäulniß unter Aufnahme von Wasser in kohlensaures Ammoniak übergeht.

$$C^2N^2H^4O^2 + {}_4HO = {}_2CO^2 + {}_2NH^4O.$$

*) Vielleicht könnte man es durch Darüberleiten über glühenden Aetzkalk in Ammoniak und stickstofffreie Theeröle verwandeln, für die sich jetzt ein guter Markt findet.

Setze ich hierzu schwefelsauren Kalk, so bildet sich daraus schwefelsaures Ammoniak und kohlensaurer Kalk, eine Umsetzung, welche die ausgezeichnete Wirkung des Gypses beim Bestreuen von Wiesen und als Zusatz zum Dünger erklärt. Das schwefelsaure Ammoniak kann nur durch Umkristallisiren gereinigt werden, da dasselbe beim Versuch, es zu sublimiren, in Wasser, Stickgas und schweflige Säure zerfallen würde. Anders ist es beim Salmiak, der sich unzersetzt verflüchtigen läßt. Derselbe findet in der Medicin und in den Gewerben, bei letzteren sowohl wegen seines Ammoniak-, als auch wegen seines Salzsäuregehaltes vielfache Anwendung.

Zuerst soll er in Aegypten aus dem Ruße des Kameelmistes, der dort allgemein als Brennmaterial benutzt wird, dargestellt worden sein. Derselbe enthält gewiß, wie fast alle Rußabsätze, Ammoniak und zwar, indem er aus thierischen Abfällen entsteht, in besonders reichlicher Menge.

Dagegen erscheint es etwas schwierig zu ermitteln, woher die Salzsäure stammt, indem die Annahme, daß Salmiak schon in diesen Excrementen präexistire, wenigstens durch kein Experiment unterstützt ist.

Wie dem auch sei, so ist dies heut zu Tage nur von geringem praktischem Interesse, indem diese Art der Darstellung natürlich ganz aufgehört hat.

Nur insofern, als damit die Etymologie des Wortes Salmiak begründet wird, (Sal ammoniacum von Jupiter Ammon, der bekanntlich seinen Tempel in Aegypten hatte), nimmt sie noch einige Aufmerksamkeit in Anspruch.

Die Gewinnung von Salmiak durch Doppelzersetzung von Kochsalz und schwefelsaurem Ammoniak ist schon bei der Sodafabrikation (Kap. IV) erwähnt worden.

Nur selten wird der Salmiak in kristallisirtem, meistens in sublimirtem Zustande in den Handel gebracht, wahrscheinlich weil letztere Form dem Publikum die meiste Sicherheit gegen Verfälschungen bietet. Man bringt zu diesem Ende das vorläufig durch Umkristallisiren gereinigte, wohl getrocknete Salz in gläserne *) oder thönerne Gefäße, die zur Hälfte oder bis zu $^2/_3$ damit angefüllt und bis zu dieser Tiefe in ein Sandbad eingesenkt werden; der unbedeckt gelassene Hals dient zum Absetzen des Sublimats. Die Mündung wird nur lose verstopft, so daß Wasserdämpfe und die beim Erwärmen sich ausdehnende Luft durch dieselbe Ausgang finden können.

---

*) Man kann sich hierzu mit Vortheil gebrauchter Schwefelsäureballons bedienen.

Man feuert langsam und sucht die Oeffnung bis zu Ende der Operation mittelst eines spitzen Stabes frei zu halten.

Besonders die Beimengung von Eisen muß vermieden werden, indem dieses sich als Doppelsalz von Eisenchlorid urd Chlorammonium sublimiren und dem Salmiak eine gelbe Farbe ertheilen würde. Ist die Sublimation beendet, so werden die Flaschen zerschlagen und der reine, durchsichtige, strahlige Kuchen von Salmiak in den Handel gebracht.

B. Blutlaugensalz, gelbes und rothes; Berlinerblau, Cyankalium.

Die empfindlichste Reaction auf Stickstoff in organischen Körpern besteht in dem Zusammenschmelzen der zu untersuchenden Substanz mit Kalium und der Verwendung des gebildeten Cyankaliums zur Bildung von Berlinerblau. Bringe ich ein Stückchen Horn, ein Haar, einen Tabaksabschnitzel in ein Reagensröhrchen, werfe ein Stückchen Kalium hinein und erhitze gelinde, so schmilzt das Kalium, und es entsteht unter Feuererscheinung eine schwarze, kohlige Masse. Lauge ich diese mit Wasser aus und füge ich alsdann einen Tropfen Eisenvitriol und einen Tropfen Eisenchlorid hinzu, so wird sich durch das vorhandene Kali ein dicker, grünbrauner Niederschlag bilden, von dem sich nun beim gelinden Erwärmen ein kleiner Theil mit dem entstandenen Cyankalium zu Blutlaugensalz verbindet.

Auf Salzsäurezusatz bildet sich wieder Eisenchlorid, das indessen sogleich mit dem entstandenen Blutlaugensalz Berlinerblau liefert, welches als ein fein vertheilter, blauer Niederschlag zurückbleibt.

Ganz dieselbe Operation, die wir hier im Kleinen durchmachen, wird im Großen zur Gewinnung der genannten Substanzen angewendet, nur daß man nicht das theure Kalium, sondern statt dessen kohlensaures Kali oder Pottasche anwendet. Die zugefügten thierischen Stoffe enthalten Kohlenstoff genug, um nicht allein Cyan zu bilden, sondern auch um bei der angewendeten heftigen Weißgluth das kohlensaure Kali zu Kalium zu reduciren. Das Kalium wird daher in Statu nascente angewendet und disponirt gerade deshalb um so energischer den meisten Stickstoff sich mit Kohlenstoff zu Cyan zu verbinden.

In der erhaltenen Schmelze ist ursprünglich nur Cyankalium vorhanden, indem das Blutlaugensalz bei der angewendeten Temperatur nicht bestehen kann, da es sogleich in Cyankalium, Stickstoff und Kohleneisen zerlegt werden würde. Zum Ueberflusse ist auch die völlige Abwesenheit desselben in frischer Schmelze durch vielfache Versuche nachgewiesen worden. Bringt man aber

dieselbe mit metallischem Eisen und Wasser zusammen und digerirt sie damit längere Zeit bei mäßiger Temperatur, so wirkt das Cyankalium darin wie eine verdünnte Säure ein, es wird Wasser zerlegt und Wasserstoff entwickelt, es bildet sich Kali und Cyaneisen, das sich mit weiteren 2 Aeq. Cyankalium zu gelbem Blutlaugensalz verbindet.

$$3\,CyKa + HO + Fe = CyFe + 2\,CyKa + H + KaO.$$

Wende ich Eisenoxydul an, so fällt blos die Wasserzerlegung weg; ich erhalte Kali und gelbes Blutlaugensalz nach obiger Formel. Statt des reinen Eisenoxyduls kann ich auch das schwefelsaure Salz anwenden. Es ändert dies nichts in der Reaction, nur daß statt des freien Kalis schwefelsaures entsteht. Schwefeleisen giebt Schwefelkalium ꝛc. Wir werden weiter unten sehen, wie das Schwefeleisen für die Praxis das wichtigste Material zur Umwandlung des Cyankaliums darstellt. Aus diesem gelben Blutlaugensalz werden alle weiteren Cyanpräparate dargestellt.

Die Entdeckung dieser Verbindungen ging einen etwas andern Weg. Sie reiht sich rühmlich den zahllosen Entdeckungen an, die Deutschland ihren Ursprung verdanken.

Ein Farbenfabrikant Diesbach in Berlin wollte sogenannten Florentinerlack durch Mischen einer Cochenilleabkochung mit Alaun und Fällung mit kohlensaurem Kali darstellen. Zufällig war sein Alaun sehr eisenreich. Er bat sich zu diesem Ende von dem Alchemisten Dippel etwas von dem Alkali aus, das dieser benutzt hatte, um das nach ihm benannte Dippelsche Oel (s. o.) zu rectificiren. Zu seiner großen Verwunderung erhielt Diesbach statt des erwarteten rothen einen schön blauen Niederschlag, das später nach dem Erfindungsorte benannte Berlinerblau.

Dippel, um Rath und Erklärung befragt, erkannte bald die Ursache und lehrte dieses anfangs von der Berliner Akademie zu hohen Preisen verkaufte Präparat auf folgende einfachere Weise darzustellen. Eingetrocknetes Blut wurde mit Pottasche calcinirt und die erhaltene kohlige Masse mit Wasser ausgekocht.

Die so erhaltene Blutlauge enthielt, vermöge des natürlichen Eisengehalts des Blutes, nicht unbeträchtliche Mengen Blutlaugensalz und gab mit Eisenvitriol versetzt, einen Niederschlag, der nach dem Behandeln mit Säuren das Berlinerblau zurückließ. Nicht lange nachher zeigte Maquer, daß dieses Berlinerblau, mit Kali gekocht, dieses zum Theil neutralisirte und Eisenoxyd fallen ließ, und erhielt dann beim Abdampfen des Filtrats das reine Blutlaugensalz.

Die anfangs sehr verwirrten Ansichten über die Vorgänge und Verbindungen wurden durch die Untersuchungen Scheele's, Gay-Lussac's, Wöhler's 2c. verificirt und endlich durch J. v. Liebig die geistreiche Erklärung des Prozesses, wie ich sie oben erwähnt, gegeben.

Was die Zusammensetzung dieser Verbindungen anbelangt, so sind die einfachen Verbindungen des Cyans mit Metallen und anderen Elementen so gründlich und genau untersucht, daß über dieselbe kein Zweifel mehr herrschen kann. Gay-Lussac gelang es zuerst, das reine Cyan, C^2N, durch Destillation von Cyanquecksilber darzustellen, wobei sich dasselbe, wenigstens zum Theil, in Cyan und Quecksilber, ganz analog dem Quecksilberoxyd, spaltete.

Ein Theil des Cyans bleibt als eine braunschwarze Masse, das sogenannte Paracyan zurück, eine Verbindung, die man wohl mit Recht als eine polymere Modification des Cyans von dreifachem Atomgewicht betrachten kann *).

Die Zerlegung dieser Quecksilberverbindung ist eben so wichtig für die organische Chemie geworden, wie es der Versuch Lavoisiers, die Destillation des rothen Quecksilberoxydes, für die unorganische Chemie gewesen ist.

---

*) Diese eigenthümliche Neigung des Cyans, sein Atomgewicht zu verdoppeln und zu verdreifachen, finden wir besonders deutlich ausgesprochen bei den Sauerstoff- und Chlorverbindungen desselben.

1. Mit Sauerstoff bildet das Cyan zuerst die Cyansäure, C^2NO+HO, eine einbasische Säure, welche sich z. B. mit Ammoniak verbunden im Harnstoff findet. Denselben Harnstoff, den wir Menschen im Harn absondern, hat Wöhler aus cyansaurem Kali und schwefelsaurem Ammoniak durch Doppelzersetzung mit allen seinen Eigenschaften dargestellt. In reinem Zustande erhält man sie durch Destillation der unten zu erwähnenden Cyanursäure; durch Wasser wird sie augenblicklich in Kohlensäure und Ammoniak zerlegt.

$$C^2NO+HO+3HO=2CO^2+NH^4O.$$

Cyansaures Kali wird durch Schmelzen von Cyankalium mit Bleiglätte in reichlicher Menge erhalten, indem dabei 2 Aeq. Bleioxyd zu Blei reducirt werden. $2PbO+CyKa=CyO+KaO+2Pb.$

2. Knallsäure. Diese höchst eigenthümliche Säure, welche man, wie schon bei den Zündhütchen erwähnt, erhält, indem man Quecksilber oder Silber mit Alkohol und Salpetersäure erhitzt, ist nach der Formel Cy^2O^2+2HO zusammengesetzt. Man kennt sie noch nicht in reinem Zustande, sondern blos mit 2 oder 1 Atom Metalloxyd zu neutralen Salzen verbunden.

Aus dem knallsauren Kupferoxyd-Ammoniak ist es Liebig gelungen, durch Zerlegung desselben mit Schwefelammonium Harnstoff darzustellen.

$$2Cy^2O^2+CuO+NH^4O+SAm=CuS+2\,(CyO+NH^4O).$$

Nicht allein, daß dadurch das weite Gebiet der Cyanverbindungen aufgeschlossen worden ist, so hat auch dieser Versuch, indem er in dem Cyan einen zusammengesetzten Körper lieferte, der sich in allen seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften genau wie ein Element, analog dem Chlor, Brom, Jod verhielt, die Lehre von den zusammengesetzten Radicalen begründet, die so unendlich folgenreich für die organische Chemie geworden ist.

Das Cyan mit Wasserstoff verbunden liefert die Blausäure, mit Kalium das Cyankalium, beides äußerst giftige Verbindungen, endlich das Cyanblei, Cyansilber, Cyanquecksilber 2c. 2c. Auch die Verbindungen mit Eisen fehlen nicht, so Eisencyanür und Eisencyanid.

Das gelbe und rothe Blutlaugensalz, das Berlinerblau und eine Unzahl anderer, hieraus entstehender Substanzen gehören aber, obgleich sie Cyan enthalten, einer ganz andern Ordnung der Verbindungen an.

Nachdem vielfältige, genaue qualitative und quantitative Untersuchungen, besonders von Berzelius, die Zusammensetzung derselben festgestellt hatten, war dieser Forscher geneigt, sie für Doppelsalze eigenthümlicher Art anzuerkennen. Er fand, daß das gelbe Blutlaugensalz z. B.

3 Aeq. Cyan,
2 „ Kalium,
1 „ Eisen,
3 „ Wasser

enthielt, und glaubte daher dasselbe als ein Doppelsalz von der Formel

$$CyFe + 2CyKa + 3HO$$

ansprechen zu müssen *).

Prof. v. Liebig hat seine chemische Laufbahn mit diesen höchst gefährlichen Untersuchungen begonnen und ist zu denselben von Zeit zu Zeit, immer zum großen Nutzen für die Wissenschaft, mit Vorliebe zurückgekehrt.

3. Cyanursäure. Cy^3O^3+3HO. Es ist dies eine feste kristallisirende Säure, die bei vielen Operationen mit diesen Verbindungen, besonders aber bei der trockenen Destillation des Harnstoffs gewonnen wird. Von allen Cyansäuren ist sie die constanteste, geht indessen bei der trockenen Destillation in die Cyansäure zurück.

Der Cyansäure und Cyanursäure entsprechen die Chlorverbindungen CyCl und Cy^3Cl^3.

*) Das rothe Blutlaugensalz ist nach ihm $Fe^2Cy^3+3CyKa$, Eisencyanid-Cyankalium. Das Berlinerblau ist $3FeCy+2Fe^2Cy^3$, entstanden durch die Zerlegung von $3(FeCy+2CyKa)$ mit $2(Fe^2O^3)$, indem dabei zugleich 3 Aeq. KaO gebildet werden. Das Turnbullblau, aus rothem Blutlaugensalz und Eisenoxydulsalzen erhalten, ist zwar dem Berlinerblau sehr ähnlich, aber nach einer andern Formel, nämlich $Fe^2Cy^3+3FeCy$ zusammengesetzt.

Wunderbar erschien es nur, daß ein so giftiger Körper, wie das Cyankalium, in so bedeutender Menge vorhanden, durch die Beimengung von 1 Aeq. Cyaneisen alle seine giftigen Eigenschaften verlieren sollte. Dies ging noch weiter. Setzt man zu einer kalten Auflösung von Blutlaugensalz Salzsäure und Aether, so erhält man weiße oder schwach bräunliche Kristallnadeln, welche die Zusammensetzung $CyFe + 2CyH$ Eisencyanür-Blausäure haben sollten und ebenfalls nicht giftig waren.

Hierdurch bewogen, stellte J. v. Liebig eine andere Theorie auf. Im gelben Blutlaugensalz ist nach ihm ein noch mehr zusammengesetztes Radical enthalten, das Ferrocyan, $FeCy^3$, das mit 2 Aeq. Kalium zu Ferrocyankalium, gelbem Blutlaugensalz, mit 2 Aeq. Wasserstoff zu Ferrocyanwasserstoff zusammentritt. Im rothen Blutlaugensalz nimmt er ein anderes Radical, das Ferridcyan an, das gleich ist 2 Atom Ferrocyan, Fe^2Cy^6, und 3 Atome Metall sättigt. Die Formel des rothen Blutlaugensalzes ist daher $Fe^2Cy^6 + 3Ka$ oder $2Cfy + 3Ka$.

Das Berlinerblau ist $2Fe^2 + 3Cfy$, analog dem Eisenoxyde, Fe^2O^3.

Das Turnbullblau ist Eisenferridcyanür, $Fe^3 + Fe^2Cy^6$.

Eine dritte Auslegung hat Graham endlich gegeben. Nach ihm existirt ein Radical, Prussid, C^6N^3, d. h. ein verdreifachtes Cyanatom, wie wir es im Paracyan vermuthen. Dieses verbindet sich mit 3 Aeq. Metall und das Blutlaugensalz ist demnach Kaliumeisenprussid: $Pr \begin{cases} Ka \\ Ka. \\ Fe \end{cases}$ Das Berlinerblau und die anderen Verbindungen sind schwieriger zu erklären.

Wie dem auch nun sei, welcher dieser Theorien man sich anschließen will, so ist doch die practische Darstellung des Blutlaugensalzes und der übrigen Verbindungen von denselben vollständig unabhängig, und es wird ziemlich in allen Werken die nachstehende Methode befolgt:

Der Proceß beginnt mit der Darstellung einer möglichst stickstoffreichen thierischen Kohle durch trockene Destillation.

Die hauptsächlich angewendeten Substanzen sind alte Schuhe, Stiefeln und andere Leder- und Hautabfälle. Sie werden, um Schmutz und Sand zu beseitigen, in einer liegenden Waschtrommel gewaschen und durch abgehende Wärme getrocknet.

Eine fast eben so wichtige Rolle spielen Hufe, Hörner und Hornspäne, ferner Haare und wollene Lumpen. Die letzteren beiden werden durch Klopfen mit Stäben von dem anhangenden Staube befreit.

Alle diese Operationen sind nöthig, um die als Sand beigemischte Kieselsäure möglichst zu entfernen, welche sonst nachtheilig einwirken würde, indem sie einen Theil der Pottasche zur Glasbildung in Beschlag nähme.

Die Anwendung von Blut, von Fleisch und Harn 2c. verbietet sich durch den großen Wassergehalt derselben, wodurch ihr procentischer Gehalt an werthvollen Stoffen sehr vermindert wird und außerdem bedeutende Kosten beim Trocknen entstehen würden *).

Alle diese Substanzen werden nun in eiserne Retorten oder Blasen eingefüllt und destillirt, wie es bei den Knochen erwähnt worden ist.

Das Fabrikgeheimniß, das besonders über diesen Punkt der Operation bewahrt wird, besteht aus nichts weiter, als der angewendeten sehr niedrigen Temperatur, die es sogar erlaubt, die Verkohlung mittelst überhitzter Dämpfe vorzunehmen.

Der Streit, ob es besser sei, rohe oder verkohlte thierische Stoffe anzuwenden, ist bis heute noch nicht entschieden.

Die Vertheidiger der ersten Ansicht legen besonders darauf Werth, daß das bei der Verkohlung weggehende Ammoniak für die Cyanbildung verloren ist und daß, selbst wenn man die Destillationsproducte ansammelt und verwerthet, doch der Stickstoff in der Form von Blutlaugensalz theurer bezahlt wird, als in der von Ammoniak.

Diejenigen Fabrikanten dagegen, welche nur verkohlte Stoffe anwenden, bestreiten erstens, daß die Anwendung thierischer Stoffe gegen die der verkohlten eine so erhebliche Mehrausbeute von Blutlaugensalz bedingt; sie machen ferner darauf aufmerksam, daß, was dann als Ammoniak entweicht, auch ganz verloren ist; sie behaupten endlich, daß ein unverhältnißmäßiges Mehr von Brennmaterial aufzuwenden ist, um die Temperaturerniedrigung auszugleichen, die durch das Einwerfen roher Stoffe entsteht. Hierdurch wird in der That, indem die Wasserdämpfe viel Wärme latent machen und wegen ihrer hohen spec. Wärme auch zur Weitererhitzung viel

*) In einzelnen Fabriken werden indessen zum Theil auch derartige Stoffe benutzt, falls man sie sehr billig haben kann. Man kauft z. B. alte Pferde zu sehr niedrigen Preisen an, tödtet sie durch Cyankalium oder Blausäure, zieht ihnen die Haut ab, verkauft diese, ebenso wie Mähne und Hufe, Knochen und Fett und deckt so gewöhnlich den Einkaufspreis. Das Fleisch und Blut kommt dann zum Trocknen durch abfallende Wärme und später zur Destillation.

absorbiren, die Temperatur des kohlensauren Kalis leicht unter die Weißgluth herabgedrückt, welche einmal zur Reduction des Kaliums und somit zur Cyankaliumbildung nöthig ist. Bis diese Temperatur wieder erreicht ist, sind die rohen Stoffe längst verkohlt, und man hat in der That dann nur die Art dieser Verkohlung aufs ungünstigste verändert.

Der oben erwähnte geschickte und intelligente Fabrikant, Herr Schattenmann in Buchsweiler schlägt einen Mittelweg ein, der allgemein zu empfehlen sein dürfte.

Er verkohlt nur so viel, um seinen ziemlich bedeutenden Bedarf an Ammoniaksalzen zu decken und wählt dazu diejenigen unter den disponiblen Materialien, die die reichsten an Wasser sind. Die trockneren Substanzen mengt er mit der erhaltenen Kohle und benutzt sie als Materialien zum Einwurf. Er will dabei zwar keine erheblichere Mehrausbeute erzielt haben, meint aber, daß die reichlich sich entwickelnden Kohlenwasserstoffe wesentlich die Gefahr der Oxydation durch die der Flamme beigemengte Luft hindern, wodurch das Cyankalium in cyansaures Kali übergehen würde. Der Umstand, daß es leicht ist, das Ammoniak zur Cyankaliumbildung zu benutzen, indem man es durch ein Gemenge von Kohle und kohlensaurem Kali streichen läßt, hat verschiedene Vorschläge veranlaßt, die entwickelten ammoniakalischen Gase durch Röhren in ein zweites und drittes Gefäß zu leiten, das mit Holzkohle und schmelzendem kohlensaurem Kali gefüllt ist. Es war vorauszusehen, daß die Schwierigkeit, bei solchen Temperaturgraden gasdichte Verschlüsse zu erhalten, dieses gut gemeinte Project scheitern machen würde.

Das zweite Material zur Cyankaliumbildung ist kohlensaures Kali oder Pottasche. Es wirft sich von selbst die Frage auf, warum man nicht vorgezogen hat, statt der theuren, immer seltener werdenden, häufig unreinen Pottasche lieber Soda anzuwenden, die nebenbei noch den Vortheil hätte, daß das gebildete Ferrocyannatrium wegen des niedrigeren Aeq. des Natrons mehr Ferrocyan enthielte, also z. B. mehr Berlinerblau bilden würde, als das Ferrocyankalium. Leider verhält es sich hier ähnlich wie beim Alaun und beim Salpeter, daß nämlich die Natronverbindung wesentlich schwieriger kristallisirt und daher keine vollständige Reinigung erlaubt. Es wäre indessen zu untersuchen, ob es nicht vortheilhaft wäre, zuerst mit Soda rohes Ferrocyannatrium anzufertigen, daraus durch Eisenvitriol alles Ferrocyan zu fällen und den erhaltenen Niederschlag von Eisencyanür durch Kochen mit kohlensaurem oder ätzendem Kali zu zerlegen.

Die Endproducte wären schwefelsaures Natron, das fast die Kosten der angewendeten Soda deckt, Eisenoxydul, das man in Schwefelsäure lösen könnte, und sehr reines Blutlaugensalz. Es würde jedenfalls der sehr bedeutende Verlust an Kali vermieden, der durch die Verflüchtigung beim Schmelzen entsteht. Vor der Hand wendet man indessen nur Pottasche an und wählt dazu natürlich eine solche, die möglichst reich an kohlensaurem Kali ist. Man muß jedenfalls beim Einkauf den Gehalt derselben durch Alkalimetrie ermitteln, dabei indessen auf die jetzt häufig vorkommende Beimischung von kohlensaurem Natron Rücksicht nehmen. Ein Gehalt an Sand und anderen erdigen Beimengungen macht die Pottasche ganz verwerflich (wegen Glasbildung s. ob.); ein Gehalt an Chlorkalium dagegen ist ganz erwünscht, indem es das Schmelzen wesentlich erleichtert. Neben der reinen Pottasche wendet man durchweg das sog. Blausalz an, welches nichts Anderes ist, als die eingedampfte Mutterlauge, und abgesehen von Spuren von Blutlaugensalz nichts als eine unreine Pottasche darstellt.

Nehmen nach mehreren Operationen die fremden Salze zu unverhältnißmäßig zu, so müssen sie durch Umkristallisiren entfernt werden.

Endlich das Eisen. Nachdem der Eisengehalt das Blutlaugensalzes constatirt, fand man bald hierin den Grund, weshalb die zur Bereitung angewendeten eisernen Gefäße so äußerst rasch zerstört wurden. Man suchte dies zu vermeiden, indem man Hammerschlag, Blutstein, Eisenfeilspähne rc. kurz eisenhaltige Substanzen beim Schmelzen zusetzte.

Die Erklärung des Processes durch Liebig führte dahin, dem Eisen während des Schmelzens eine ganz passive Rolle zuzutheilen und es nur beim Auflösen wichtig erscheinen zu lassen.

Die neuesten Untersuchungen haben indessen nachgewiesen, daß es auch beim ersten Proceß eine wichtige Rolle spielt. In den meisten Pottaschen ist schwefelsaures Kali in Mengen vorhanden, die bis zu 20 % steigen können. Dasselbe wird bei gesteigerter Temperatur durch Kohle leicht zu Schwefelkalium reducirt, und dieses giebt bei Abwesenheit des Eisens zur Bildung von Schwefelcyankalium Veranlassung.

Ist dagegen Eisen vorhanden, so zerlegt dasselbe das schmelzende Schwefelcyankalium augenblicklich, verbindet sich mit dem Schwefel und scheidet Cyankalium aus. Auf diesem Umstande beruht jedenfalls das starke Angreifen der Schmelzgefäße.

Zu gleicher Zeit erleichtert derselbe aber auch die Bildung des Ferrocyankaliums beim Auflösen wesentlich. Schmilzt man nämlich Schwefeleisen mit Alkali zusammen, so bildet sich beim Auflösen der erhaltenen dun-

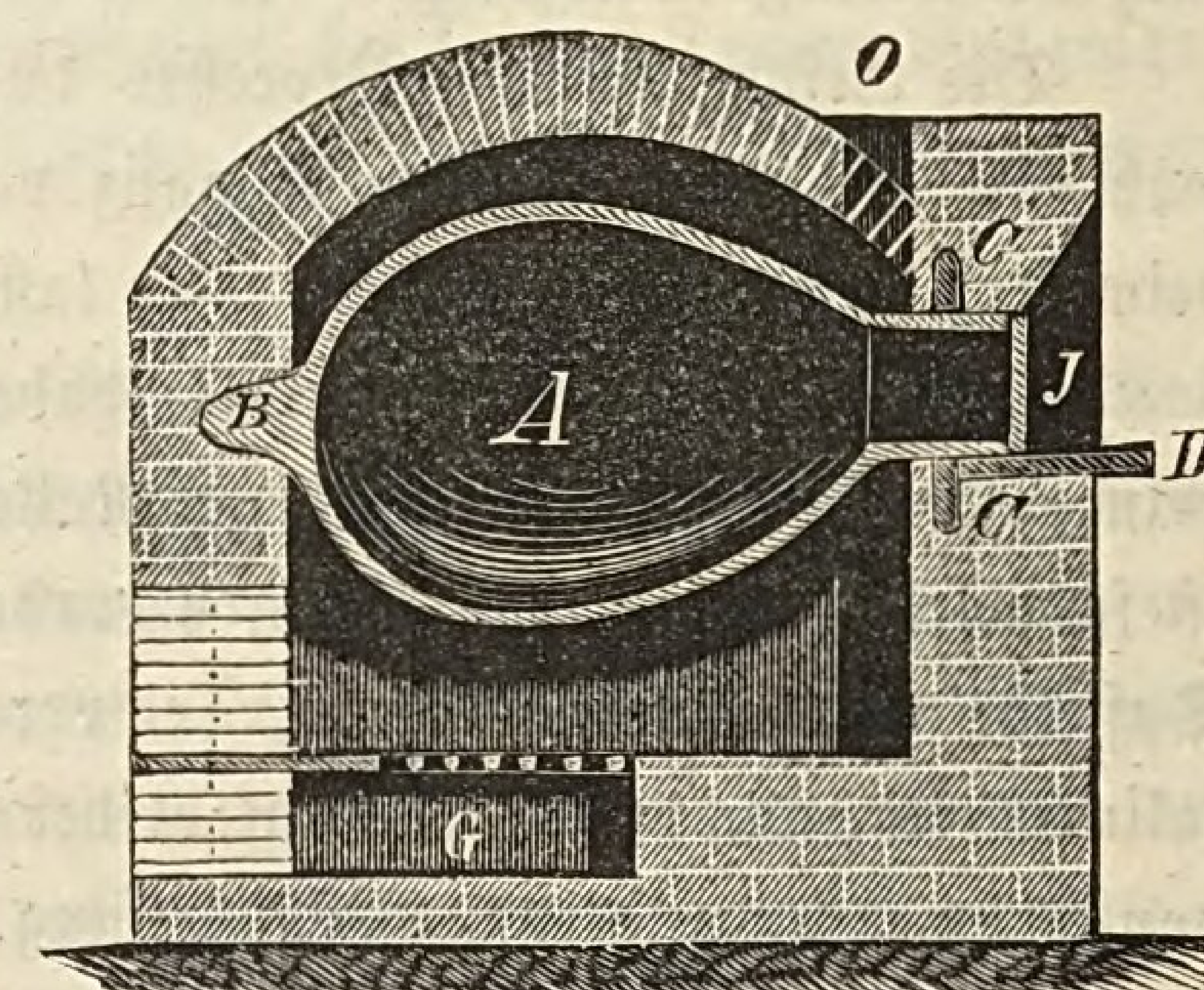
keln Masse mit wenig Wasser eine dunkelgrüne Auflösung, die durch mehr Wasser äußerst fein vertheiltes Schwefeleisen ausscheidet, das nun vortrefflich geeignet ist, um das Cyankalium in Blutlaugensalz überzuführen.

Gewöhnlich genügen die Nägel in den alten Stiefeln ꝛc., um dem gebildeten Cyankalium das nöthige Eisen zu liefern. Sollte man die Gegenwart von freiem Cyankalium an dem starken Angreifen der eisernen Auflösungsgefäße, sowie an einer Ammoniakentwickelung beim Auflösen erkennen, so genügt es, beim Schmelzen einige Pfund Hammerschlag oder Gußeisenspähne zuzusetzen.

Die Oefen und Schmelzgefäße. Die hohe Temperatur, die zum Schmelzen des kohlensauren Kali's und zur Bildung von Cyankalium nöthig ist, macht es unumgänglich, sehr feuerfeste Gefäße anzuwenden.

Die Benutzung derjenigen Materialien, welche Kieselsäure und Thonerde enthalten, ist durch den großen Ueberschuß von Alkali, der damit in Berührung kommen und Glas bilden würde, unmöglich gemacht. Es bleiben daher nur gußeiserne Gefäße übrig, die indessen auch wegen des Verbrennens und der Schwefeleisenbildung nur verhältnißmäßig wenige Operationen aushalten, wenn sie nicht sehr dickwandig sind. Die ältesten derartigen Schmelzgefäße bestanden aus einer Art liegender großer Flasche A, deren Mündung zum Eintragen der Materialien diente, sonst aber zum Abhalten der Luft gewöhnlich geschlossen war. Waren diese Gefäße an der untern Seite nahezu durchgefressen, so konnte man sie umwenden und so noch lange Zeit gebrauchen. Die Flamme vom Roste G umspült sie von allen Seiten und zieht endlich durch seitliche Füchse O in die Esse ab. Der Zapfen B und die Vorsprünge CC dienen zur festen Auflagerung des Apparats.

Fig. 49.

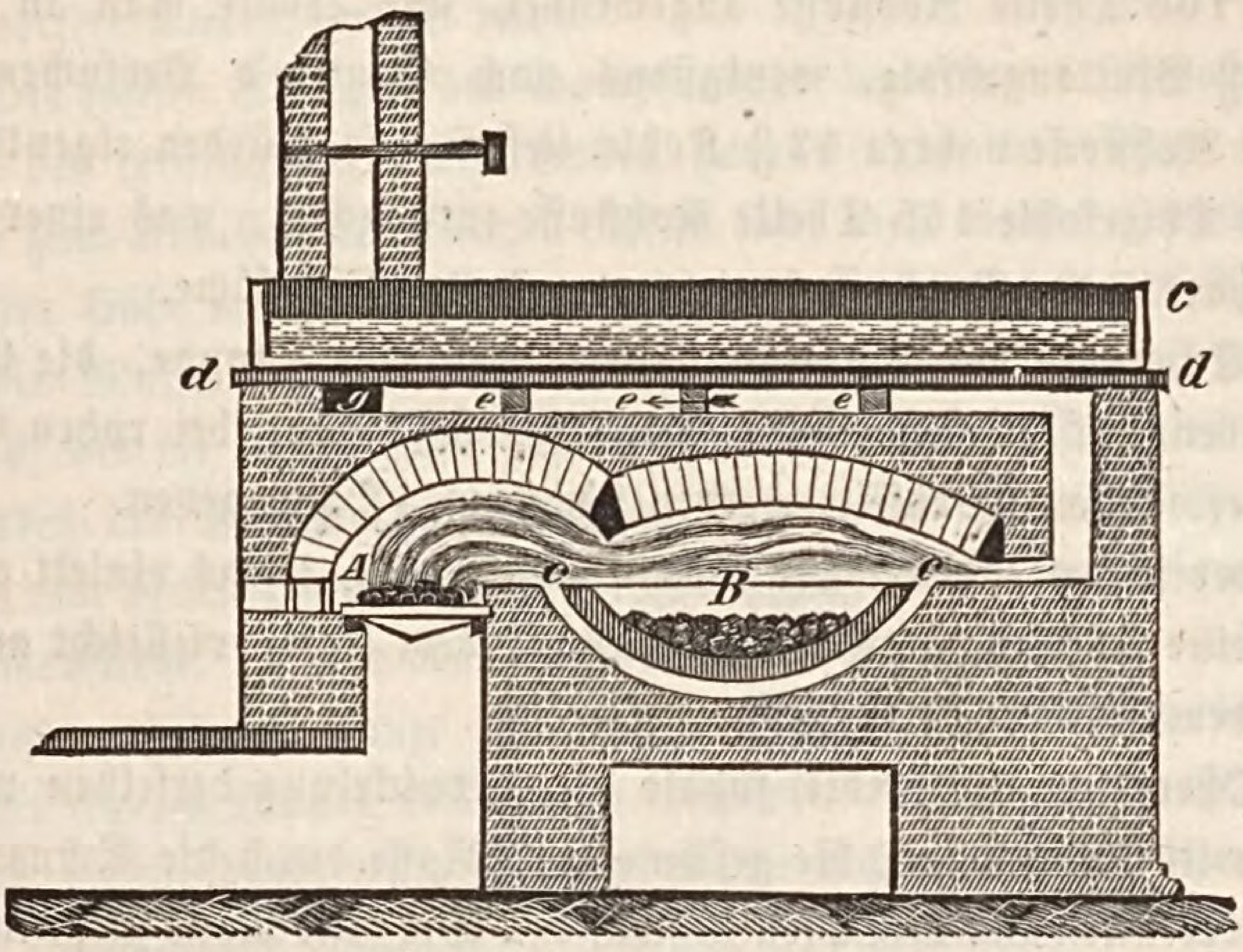


Eiserne Flaschen zur Darstellung von Blutlaugensalz.

Diese Methode, so vortheilhaft sie in Beziehung auf geringen Luftzutritt erscheint, erfordert dagegen die Anwendung eines schwer anzufertigenden Gußstücks und kostet ferner unverhältnißmäßig viel Brennmaterial, indem sich hohe Temperaturen nur schwierig durch dickwandige Gefäße mittheilen, besonders wenn zeitweise eine bedeutende Abkühlung, wie hier, stattfindet. Es ist dies ein analoger

Fall, wie bei den Glashäfen mit Hauben, die bei Steinkohlenfeuer angewendet werden.

Fig. 50.



Flammofen zur Blutlaugensalzfabrikation

A Rost. B Schaale mit Ausguß, zum Schmelzen der Materialien bestimmt. cc Kanal unterhalb derselben. C Bleipfanne, in welcher die Laugen abgedampft werden; sie steht auf einer Eisenplatte dd, unterhalb welcher die abziehende Flamme circulirt. eee Zungen, die dies bewirken. g Fuchs nach dem Schornstein.

Aus diesen Gründen ging man allmälig zur Anwendung eines Flammofens über, in dessen Sohle eine eiserne sehr dickwandige Schaale (Fig. 50, a) eingelassen ist. Der größte Theil der Flamme, die möglichst wenig oxydirend wirken muß, streicht durch ein niedriges Gewölbe gedrückt über denselben weg; ein kleinerer wird zuweilen durch Kanäle unter der Schaale fortgeleitet. Am zweckmäßigsten ist es wohl, die Flamme unter der Schaale hin und über dieselbe zurückschlagen zu lassen. Die abziehende Wärme wird noch benutzt, indem man die Flamme, ehe sie in den Schornstein entweicht, unter einer langen Bleipfanne hinstreichen läßt, in welcher die Mutterlauge eingedampft wird. Sobald die eingeworfene Menge Pottasche und Blausalz, z. B. 100 Pfd. à 50° Descroizilles, in guten hellen Fluß gekommen ist, fängt man an, die thierische Kohle durch die Arbeitsthüre einzutragen und mit Krücken gut unterzurühren. Dieses Rühren dauert längere Zeit, und es ist zu diesem Ende in der Arbeitsthüre ein Schlitz angebracht, durch welchen der Arbeiter die Rührstange steckt. Hierdurch wird wesentlich der Luftzutritt und die Abkühlung vermindert, die eintreten würden, wenn das Rühren bei offener Thür stattfände. Die Aufhängung

der Rührstange in Ketten dient zur wesentlichen Erleichterung der Arbeit.

Auf die angegebene Menge Pottasche werden etwa 65 Theile Thierkohle oder 100 Theile Rohstoffe angewendet, und erhält man in beiden Fällen 16 % Blutlaugensalz, wenigstens nach Gentele's Versuchen. Da 100 Theile Rohstoffe nahezu 42 % Kohle liefern, so würden eigentlich den 65 Theilen Thierkohle 155 Theile Rohstoffe entsprechen, was einer bedeutenden Ersparniß der Rohstoffe in letzterem Falle gleich käme.

Das Schmelzen der Pottasche dauert etwa eine Stunde, die Einwirkung derselben auf die Thierkohle etwa eben so lange, bei rohen Stoffen etwas länger. Von Eisenfeile werden höchstens 4 % zugegeben.

Aus der schmelzenden Masse entwickeln sich helle, etwas violett gefärbte Flammen, eine Färbung, die von verdampfendem Kali, vielleicht auch von verbrennendem Kalium herrührt *).

Die Operation ist beendet, sobald die Entwickelung derselben nachläßt und man beeilt sich alsdann, die geschmolzene Masse durch die Schnautze der Schaale mit Krücken aus dem Ofen zu schaffen. Die dicke Masse fließt in untergesetzte eisenblecherne Kannen, in denen sie zu einer rasch feucht werdenden, schwarzen Masse erstarrt, die daher nach dem Erkalten sogleich zerschlagen und bald verarbeitet werden muß.

In der Nähe von Hamburg habe ich eine sehr zweckmäßige Einrichtung zum Auffangen des Schmelzes gesehen. Sie bestand in einer halbkugeligen Schaale, die auf einem in der Wand festgemachten Dreharm stand, welcher durch eine Viertelkreisdrehung an den Ofen herangeschoben und eben so wieder entfernt werden konnte.

Die frisch geschmolzene Masse enthält, wie oben gesagt, nur Cyankalium; dieses giebt einerseits mit der Kohlensäure der Luft Blausäure und anderseits durch Wasseranziehung Ammoniak und ameisensaures Kali.

$$KaCy + CO^2 + HO = KaO + CO^2 + CyH.$$

$$KaCy + 4HO = NH^3 + KaO + C^2HO^3.$$

Man beeilt sich daher, das Cyankalium durch Digestion mit warmem Wasser und Eisen in das bei weitem stabilere Blutlaugensalz überzuführen.

Zu diesem Ende bringt man die gröblich zerschlagene Masse in gußeiserne Gefäße, die mit einem ziemlich engen Rost von Eisenstäben oder einem falschen Boden von durchlöchertem Eisenblech versehen sind. Unter

*) Die Menge des auf diese Weise sich verflüchtigenden Kalis ist durchaus nicht unbedeutend und repräsentirt einen bedeutenden Kostenpunkt bei derartigen Fabriken.

demselben kann man durch eine schief einmündende Röhre Dampf einströmen lassen, welcher in einem kleinen Kessel entwickelt wird, den man mit den fertigen Laugen selbst speist, wodurch demnach die Concentration derselben ohne weitere Kosten bewirkt wird.

Die schiefe Stellung des Dampfrohres bewirkt ein sehr nützliches Umrühren der Flüssigkeit. Am Boden gerade unter dem Rost befinden sich Hähne zum Ablassen der Lauge. Man füllt diese Auslaugebottiche etwa zu $^2/_3$ ihrer Höhe mit Schmelz an, bringt dann so viel kaltes Wasser hinzu, daß die Masse eben bedeckt wird und läßt den Dampf so lange zuströmen, bis die Lauge keine weitere Zunahme ihrer Dichtigkeit zeigt. Nach Absperren des Dampfes und einiger Ruhe wird sie auf Seihetücher abgelassen, von denen die durchlaufende Flüssigkeit in ein gemeinsames Reservoir zusammenfließt. Diese Auslaugeoperation wird noch 2 — 3 Mal wiederholt und endlich die ganze schlammige Masse auf die Seihetücher gebracht und mit reinem Wasser vollständig erschöpft. Sehr zweckmäßig ist es, die schwache Lauge durch Aufgießen auf frische Schmelze anzureichern und durch dieses systematische Ausziehen, wie bei der Pottasche ꝛc. eine concentrirte Lauge zu erzielen. Die rückständige, schwarze, kohlige Masse ist noch kalihaltig, vielleicht in der Form von kieselsaurem Kali. Außerdem enthält sie meistens nicht unbedeutende Mengen Schwefeleisen. Läßt man sie daher längere Zeit in Haufen an der Luft liegen, so bildet sich aus dem Schwefeleisen durch Verwitterung schwefelsaures Eisenoxydul, das durch Doppelzersetzung mit dem kieselsauren Kali kleine Mengen schwefelsauren Kali's liefert. Durch Verdampfung an der Oberfläche und Nachdringen der schwachen Lauge bilden sich Auswitterungen von schwefelsaurem Kali, die man abkratzt, auslaugt und nach genügender Verdampfung kristallisiren läßt.

In Buchsweiler wird hierzu ebenfalls ein Dampfkessel benutzt, der eine kleine Maschine speist.

Der Rückstand endlich ist wegen seines obwohl nur geringen Kali- und Stickstoffgehaltes ein vortrefflicher Dünger für Wiesen.

Wenden wir uns zu der erhaltenen Lauge zurück, so wird sie, nachdem sie durch Eindampfen zur richtigen Concentration gebracht, in hölzerne oder gußeiserne Kristallisirbehälter gelassen und setzt dann beim Erkalten kleine schwach gefärbte Blättchen von Blutlaugensalz ab. Dies wiederholt sich bei nochmaliger Concentration, bis endlich die Mutterlauge erschöpft ist und zu Blausalz, wie oben angegeben, verdampft wird.

Die erhaltenen Kristalle sind noch sehr unrein und unansehnlich. Man löst sie daher mittelst Dampf auf und bringt die Lauge, nachdem sie sich

durch Absetzen hinreichend geklärt, in dickwandigen Bottichen zum Kristallisiren.

Sind dieselben noch neu, so nehmen die Kristalle durch den Gerbstoffgehalt des Holzes leicht eine eigenthümliche grünliche Farbe an. Man kann diesem Uebelstande durch Zusatz einer kleinen Menge von arseniger Säure besser von rothem Blutlaugensalz begegnen.

Die Kristalle setzen sich an eingehängte Reiser oder Bindfäden in schönen Trauben ab. Auf aus Draht gebogenen Gestellen kann man auf diese Art Kronen, Namenszüge rc. bilden, wie sie vielleicht jeder meiner Leser auf Industrieausstellungen zu bemerken Gelegenheit gefunden hat.

Die Absätze von unregelmäßig gebildeten, kleinen Kristallen kommen nicht in den Handel, sondern werden am besten zur Darstellung von rothem Blutlaugensalz verwendet. Die Mutterlauge dient zur Gewinnung von Berlinerblau.

Eine sehr eigenthümliche Art der Darstellung von Blutlaugensalz wurde von Possoz und Boissière zuerst in Grenoble in Frankreich, später in der Nähe von Newcastle in England im Großen in Anwendung gebracht. Sie besteht einfach darin, daß man den Stickstoff der Luft durch weißglühende Kohlen leitet, die mit kohlensaurem Kali imprägnirt sind. Die erste Hindeutung auf dies Verfahren finden wir in einem eigenthümlichen Product, das bei einem mit Holzkohlen betriebenen Hochofen in Cumberland zufällig gewonnen wurde. Hier floß nämlich aus einem Riß in der Nähe der Formen, wo demnach eine intensive Weißgluth herrschte, eine weiße Salzmasse in reichlicher Menge aus, die wegen ihrer deutlich alkalischen Reaction von den Frauen der Hüttenarbeiter für Pottasche gehalten und zum Waschen benutzt wurde.

Zum Glück fand man bald, noch ehe ein Unglück geschehen, daß dieselbe in sehr großer Menge das sehr giftige Cyankalium enthielt, und schloß daraus sehr richtig, daß dasselbe aus dem wenn auch geringen Kaligehalt der Holzkohle und der verschmolzenen Gesteine durch den Stickstoff der Gebläseluft entstanden sei.

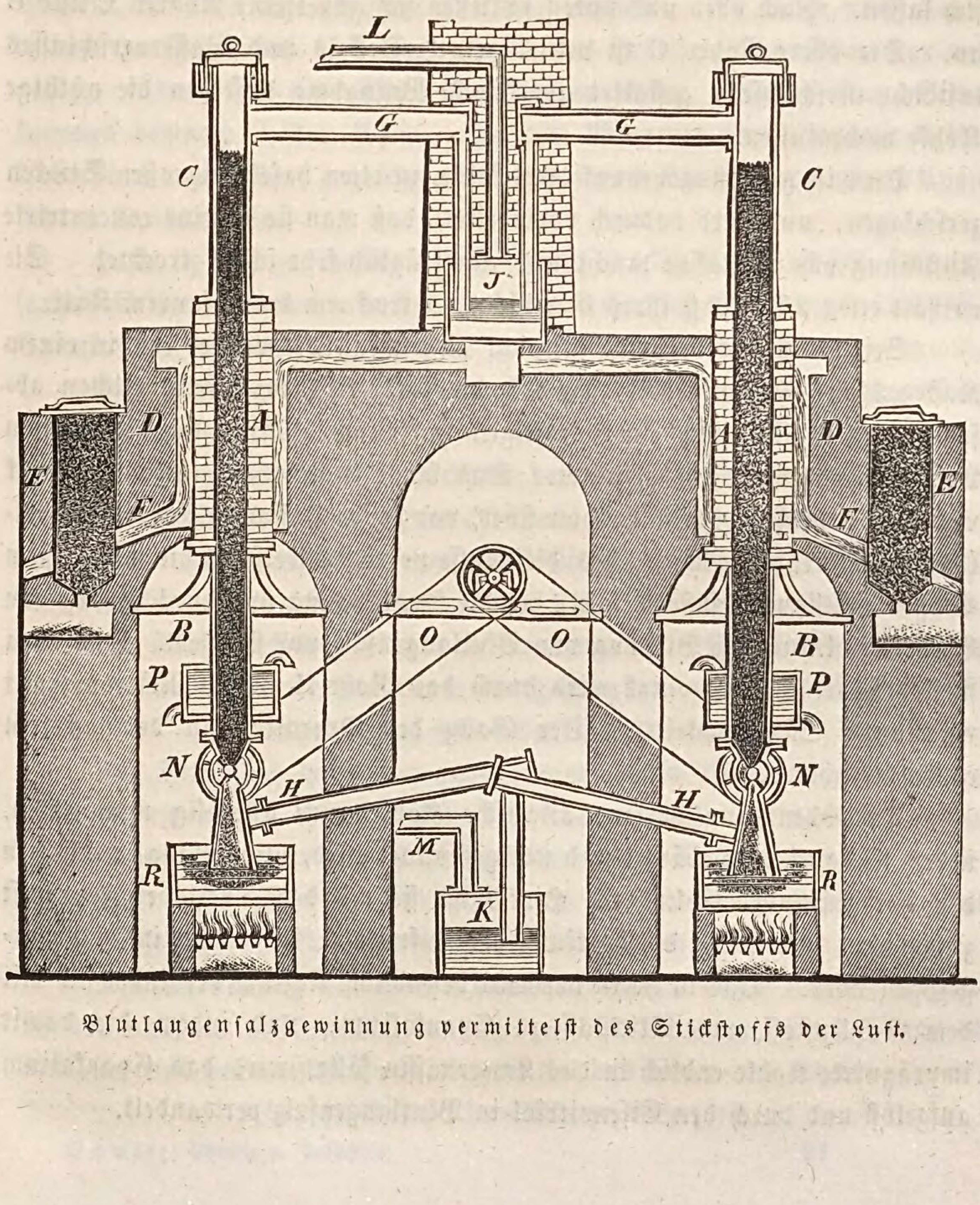
Die Gelehrten beeilten sich, diesen Versuch zu wiederholen, fanden indessen sehr widersprechende Resultate, so daß viele derselben diese Cyankaliumbildung bald dem Ammoniakgehalt der Luft, bald einem geringen Rückstand von Stickstoff in der Kohle zuschrieben.

Der Verfasser erinnert sich sehr wohl, daß einer der ersten chemischen Versuche, den er nach Angabe seines verehrten Lehrers, des leider verstorbenen Prof. Marchand, anstellte, darin bestand, daß er Luft, die durch Schwefelsäure

von Ammoniak befreit und gut getrocknet war, durch ein Gemenge von Zuckerkohle und kohlensaurem Kali leitete, welches in einer Porcellanröhre zum heftigsten Glühen erhitzt war. Der Versuch ergab unzweifelhaft die Bildung kleiner Mengen von Cyankalium. Erst die Versuche von Possoz und Boissière haben, wie es scheint, die großen technischen Schwierigkeiten beseitigt, welche der Ausbreitung dieser interessanten chemischen Reaction bis jetzt im Wege standen.

Besonders sinnreich ist die Idee derselben, das sauerstofffreie Stickgas, dessen man bedarf, aus den Feuerungsgasen selbst zu entnehmen, welche zur Erhitzung der kalihaltigen Kohle dienen. S. Zeichnung 51.

Fig. 51.



Blutlaugensalzgewinnung vermittelst des Stickstoffs der Luft.

Das Brennmaterial, gut flammende Steinkohlen, wird von oben in den Cylinder E eingefüllt, der unten nur einen schmalen Schlitz hat, welcher zum Entfernen der Schlacke dient und in einen abgeschlossenen Aschenfall führt. Oben ist der Cylinder durch einen gut passenden Deckel verschlossen; die Luft strömt durch eine Oeffnung an der Seite ein, passirt die beim allmäligen Herabsinken vorgewärmte Kohle und wird vollständig ihres Sauerstoffs beraubt.

Die hier entwickelte Flamme umspült den Cylinder A von allen Seiten, erhitzt denselben zum Weißglühen und streicht endlich theilweise in den Fuchs, der sie nach dem Schornstein führt. Der Cylinder A besteht aus äußerst feuerfesten Chamottesteinen, die indessen viele kleine Fugen zwischen sich lassen. Nach oben und unten schließen sich gußeiserne Röhren C und B an. Die obere Röhre C ist mittelst eines Deckels und Wasserverschlusses luftdicht verschlossen, gestattet aber nach Wegnahme desselben die nöthige Kohle nachzufüllen.

Dies ist gut ausgebrannte Holzkohle, zu etwa haselnußgroßen Stücken zerschlagen, und wird dadurch vorbereitet, daß man sie in eine concentrirte Auflösung von Pottasche taucht und nachträglich sehr scharf trocknet. Sie enthält etwa 25—30 % ihres Gewichtes an trocknem kohlensaurem Kali.

Seitlich ist das Rohr G luftdicht angeschraubt, welches erst in einem Kasten J mit Wasser taucht, wo sich die fortgerissenen Staubtheilchen absetzen und endlich nach einer kräftigen Luftpumpe führt, die den ganzen Luftwechsel bewirkt und regulirt. Das Rohr B steht auf einer Art Bock und geht endlich in einen Trichter über, vor dessen Oeffnung sich ein Flügelrädchen N dreht, durch welches die Masse portionenweise in die mit heißem Wasser gefüllten Gefäße R fällt, wo die Auslaugung und durch Zusatz von Eisenvitriol auch die Bildung von Blutlaugensalz vor sich geht. Das etwa sich entwickelnde Ammoniak wird durch das Rohr H in ein Reservoir mit verdünnter Säure geleitet. Der Gang der Operation ist demnach ein continuirlicher.

Die oben eingeworfene alkalische Kohle rückt allmälig nach unten, indem sie dabei vorgewärmt und nachgetrocknet wird, und gelangt endlich in den weißglühenden Cylinder. Hier trifft sie mit dem Theil der Feuerluft zusammen, der durch die Wirkung der Luftpumpe in den Cylinder hineingezogen wird. Das in Statu nascenti befindliche Kalium verbindet sich mit dem Kohlenstoff und Stickstoff zu Cyankalium, und indem die damit imprägnirte Kohle endlich in das Laugebassin fällt, wird das Cyankalium aufgelöst und durch den Eisenvitriol in Blutlaugensalz verwandelt.

Ob diese Fabrikation lohnend ist, hängt ungemein davon ab, ob die bedeutenden Mehrkosten an Brennmaterial, wozu nur sehr gute flammende Steinkohle zu verwenden ist, im Verhältniß stehen mit den früheren Ausgaben für stickstoffhaltige Substanzen. Die fast Null zu setzende Verflüchtigung des Kalis tritt als günstiger Moment für diese Methode noch hinzu.

In neuester Zeit ist den Blutlaugensalzfabrikanten, die in Beziehung auf die Theorie ihres Processes der Wissenschaft soviel zu verdanken haben, durch Liebig noch eine ausgezeichnete Methode an die Hand gegeben worden, den Gehalt der Schmelze an Cyankalium auf maaßanalytischem Wege zu ermitteln. Er versetzt zu diesem Ende die cyanhaltige Flüssigkeit oder die alkalisirte Blausäurelösung mit einer neutralen Silberlösung von bekanntem Gehalt, bis eben eine schwache Trübung entsteht. So lange noch Cyankalium im Ueberschuß vorhanden, wird das gebildete Cyansilber klar aufgelöst, indem sich Cyansilber-Cyankalium bildet. Auf 1 Aeq. Silber kommen demnach 2 Aeq. Cyan. In dem Momente aber, wo ein kleiner Ueberschuß von Silber zugefügt wird, tritt durch die Fällung neuen Cyansilbers Trübung ein.

Habe ich bis zu diesem Punkte z. B. 0,170 Gr. (1 Aeq.) salpetersaures Silber verbraucht, so sind in der untersuchten Substanz 0,1304 Gr. Cyankalium enthalten.

Das fertig gebildete Ferrocyankalium muß auf ganz andere Weise bestimmt werden.

Vor einiger Zeit hat ein Schüler des Prof. Fresenius, Herr de Haen, eine, wie es scheint, ausgezeichnete Methode hierfür angegeben.

Setzt man nämlich zu einer Auflösung von Blutlaugensalz allmälig eine Auflösung von übermangansaurem Kali, so tritt ein Punkt ein, wo die rothe Farbe desselben nicht mehr verschwindet. Es ist dann alles Ferrocyankalium in Ferridcyankalium übergegangen.

$$2(Cfy + 2Ka) + O = KaO + (2Cfy + 3Ka.)$$

Die Titrirung des übermangansauren Kalis ist schon oben bei der Salpeterbestimmung erwähnt worden. Man kann sie hier auch mit reinem Ferrocyankalium statt mit Eisen machen. Zur Bestimmung des rothen Blutlaugensalzes führt man dasselbe durch Kochen mit Bleioxyd und Kalilauge in Ferrocyankalium zurück und verfährt dann, wie oben angegeben.

Die Darstellung des rothen Blutlaugensalzes basirt sich auf der eben bei der maaßanalytischen Bestimmung erwähnte Reaction, nur daß man als billigstes und bequemstes Oxydationsmittel das Chlor anwendet.

$$2(Cfy + 2Ka) + Cl = ClKa + (2Cfy + 3Ka.)$$

Das Chlor wird aus Braunstein und Salzsäure, wie angegeben, entwickelt und durch weite Röhren in eine Auflösung von Blutlaugensalz eingeleitet, bis dieselbe aufhört, Eisenoxydauflösungen blau zu fällen und sich nur dunkelgrün damit färbt, was beweist, daß alles Ferrocyankalium umgewandelt worden ist.

Man muß diesen Zeitpunkt wohl beachten, weil ein Ueberschuß von Chlor eine weiter gehende Zersetzung hervorrufen und eine grünliche, noch nicht näher untersuchte Verbindung erzeugen würde, die besonders nachtheilig auf die Kristallisation des rothen Blutlaugensalzes einwirkt. Diese Kristallisation ist schon an und für sich mit eigenthümlichen Schwierigkeiten verknüpft. Die Lauge steigt nämlich sehr gern über den Rand der Gefäße in blumenkohlartigen Verzweigungen, und es tritt dadurch leicht ein Verlust, jedenfalls aber eine unvollkommene Kristallisation ein. Man versendet daher auch häufig im Handel statt der Kristalle blos concentrirte Auflösungen dieses Salzes, roh, wie sie durch die Sättigung mit Chlor erhalten worden sind. Statt dessen ist auch vorgeschlagen worden, besonders um das Entweichen unverbundenen Chlors zu vermeiden, das trockene Pulver von Blutlaugensalz in Thonröhren mit gasförmigem Chlor bis zur Sättigung zu behandeln. Es soll hierdurch ein vortreffliches Präparat erzielt werden, das sich nur durch Beimengung von etwas Chlorkalium von dem kristallisirten Salze unterscheidet. Freilich bieten die Auflösungen, sowie die Pulverform des Salzes keinerlei Garantie gegen absichtliche Verfälschung.

Das rothe Blutlaugensalz wird in der Färberei und Druckerei sehr vielfältig zur Erzeugung des sehr schönen dunkeln Blaus angewendet, das allgemein mit dem Namen Bleu de France bezeichnet wird.

Es wird zu diesem Ende mit Weinsteinsäure und einer stark sauren Zinnsalzlösung versetzt. Es wird dadurch ohne Zweifel Ferridcyanwasserstoff ausgeschieden, der sich nun beim Trocknen der damit imprägnirten Gewebe, noch mehr aber beim Erhitzen in Wasserdampf zerlegt und ein schön blau gefärbtes Eisencyanid ausscheidet, das sich auf dem Zeuge fixirt. Das aus rothem Blutlaugensalz durch Eisenvitriol gefällte sog. Turnbullblau ist zu compact, zu theuer und nicht schön genug, um mit dem Berlinerblau concurriren zu können.

Darstellung des Berlinerblaus. Dasselbe wird, wie oben erwähnt, aus den Abfällen und den Mutterlaugen der Blutlaugensalzkristalle als Nebenzweig der gedachten Fabrikation dargestellt.

Wie bei den meisten Fabrikationen, die sich mit Darstellung von Farben beschäftigen, ist zwar der chemische Vorgang ziemlich einfach und

durch die Wissenschaft vollkommen erklärt, die practische Ausführung dagegen, von der die Schönheit und die Nüance der Farben wesentlich bedingt wird, von so vielen kleinen Zufälligkeiten und practischen Handgriffen abhängig, daß nur längere Erfahrung ein vollkommenes Product zu erzielen gestattet.

Der einfache chemische Proceß erhellt aus folgender Formel:

$$3(Cfy + 2Ka) + 2(Fe^2O^3) = (Cfy^3 + 2Fe^2) + 6KaO.$$

Man braucht demnach blos gelbes Blutlaugensalz mit Eisenchlorid zusammen zu bringen, um einen ziemlich schönen dunkelblauen Niederschlag zu erzielen. Wollte man indessen Eisenchlorid in Blutlaugensalzauflösung gießen, so würde der sich anfangs bildende Niederschlag nicht unbedeutende Mengen von Blutlaugensalz mit niederreißen, was nicht stattfindet, wenn man den umgekehrten Weg einschlägt und nur so viel Blutlaugensalz zufügt, daß noch etwas Eisenchlorid im Ueberschuß ist.

Das so erhaltene Präparat ist indessen zu dicht und daher nicht gut zu verreiben und auch von minder schöner Farbe.

Gewöhnlich schlägt man daher einen andern Weg ein. Bringt man Blutlaugensalz zu einer Eisenvitriollösung, so fällt ein weißer oder hellbläulicher Niederschlag zu Boden, der als reines Ferrocyaneisen $Cfy + 2Fe$ betrachtet werden kann, wenigstens wenn, wie es immer geschieht, das Eisensalz vorgewaltet hat.

Lasse ich diese Verbindung längere Zeit der Luft ausgesetzt, so wird sie immer blauer, und es bildet sich aus 3 At. derselben, Fe^9Cy^9, durch Zutritt von 3 Aeq. Sauerstoff $Fe^7Cy^9 + Fe^2O^3$, d. h. Berlinerblau und Eisenoxyd. Wird letzteres später durch verdünnte Salzsäure ausgezogen, so läßt es Berlinerblau und zwar in feinster Vertheilung zurück.

Man wäscht es mit reinem Wasser auf Tüchern aus, preßt den Rückstand und bringt ihn, entweder als Teig, oder getrocknet und in Stücke geschnitten in den Handel.

Der schöne kupferfarbene Glanz, der manchem damit überzogenen blauen Papiere eigen ist, soll durch Beimengung eines Rothholzthonerdelacks wesentlich erhöht werden.

Die ganz reine Verbindung wird in den Handel unter dem Namen Pariserblau geführt. Berlinerblau ist die allgemeine Benennung für die mannigfaltigen geringeren Sorten, die entweder durch Zumischen pulverförmiger weißer Körper, wie Kreide, Schwerspath ꝛc. oder durch Zusatz von Alaun zum Eisenvitriol, von Pottasche zum Blutlaugensalz und nachträgliches Mischen beider Lösungen erhalten wird.

Daß hierbei die Extraction des blau gewordenen Niederschlags mit Salzsäure wegfällt, versteht sich von selbst.

Das feinste Pariserblau, mit Oxalsäurelösung zusammengerieben, liefert eine sehr schön und intensiv dunkelblau gefärbte Flüssigkeit, die als blaue Tinte ausgezeichnet anwendbar ist, da sie Stahlfedern nur sehr wenig angreift und nie einen Bodensatz läßt. Besonders zum rascheren, flüchtigen Schreiben ist dieselbe wegen ihrer großen Dünnflüssigkeit zu empfehlen. Mit dieser Masse dick bestrichene Papiere werden seit einiger Zeit zum sogenannten Bläuen der Wäsche sehr angerühmt, indessen mit Unrecht, da das gelöste Berlinerblau, das sich im Zeuge fixirt, durch die ammoniakalischen Ausdünstungen des menschlichen Körpers, sowie durch das Alkali der später zum Waschen angewendeten Seife zersetzt wird, Eisenoxyd absetzt und der Wäsche einen fast unvertilgbaren gelben Stich ertheilt.

Da eine Entfernung des Eisenoxyds durch Säure unthunlich ist, indem dieselben die Leinenfasern angreifen würden, so könnte man sich höchstens durch eine nachträgliche Behandlung mit einer äußerst verdünnten Blutlaugensalzlösung helfen, die wieder Berlinerblau bilden würde. Man erkennt diese Papiere sehr einfach dadurch, daß man einen Tropfen Alkali darauf bringt, der die Farbe des Eisenrostes erzeugt. Viel besser sind diejenigen Papiere, die mit Indigocarmin gefärbt sind.

In der Färberei findet das Berlinerblau, das dazu indessen auf der Faser selbst erzeugt wird, die mannigfaltigste Anwendung. Um einfach blau zu färben, imprägnirt man die Faser mit einer Beize von essigsaurem Eisenoxyd, dessen Basis sich beim Trocknen fixirt, indem sich die Essigsäure verflüchtigt. Man braucht dann nur mit Blutlaugensalz auszufärben, um ein schönes Blau zu erhalten, das gegen Chlor und nicht allzu starke Seifenlösung unempfindlich ist, durch das Licht dagegen leicht ausbleicht. Man pflegt daher gewöhnlich einen Grund von Indigo zu geben und darauf zur Erhöhung der Farbennüance noch eine Schicht Berlinerblau zu setzen.

D. Phosphorfabrikation.

Der Phosphor ist ein Element, das mit so vielen ausgezeichneten und interessanten chemischen Eigenschaften versehen ist, daß er bei seiner zufälligen Entdeckung durch den Alchemisten Brand, einen verunglückten Hamburger Kaufmann, ein ungemeines Aufsehen zu erregen nicht verfehlen konnte. Wer die Schwierigkeiten seiner Darstellung kennt, muß zugeben, daß diese Entdeckung ihm und mit ihm der Alchemie alle Ehre macht. Diese Entdeckung wurde hervorgerufen durch die Richtung, welche die Alchemisten der damaligen Zeit einschlugen, indem sie, gestützt auf einige dunkle Aus-

drücke in älteren alchemistischen Schriften, in den menschlichen Excrementen der Urstoff des Steins der Weisen zu finden glaubten.

So gelangte Brand zu seiner Entdeckung, indem er angesäuerten und eingedampften Harn, der verhältnißmäßig reich an phosphorsauren Salzen ist, mit Kohle vermengte und destillirte. Die Ausbeutung seiner Erfindung übernahm der bekannte Kunkel, von dem auch das Rubinglas seinen Namen hat, und stellte ihn wahrscheinlich schon, wie es jetzt geschieht, aus Knochen dar, welche die reichste Quelle für Phosphorsäure bieten.

Die Phosphorsäure spielt ohne allen Zweifel in der vegetabilischen, wie in der animalischen Welt für den Ernährungs- und Fortpflanzungsproceß eine der allerwichtigsten Rollen. Wir finden ihre Salze auf unserer Erdrinde ziemlich verbreitet, indessen selten in irgendwie bedeutender Menge. Diejenige Verbindung, die noch am häufigsten vorkommt, ist der Apatit oder der phosphorsaure Kalk, der in fast keiner Ackerkrume fehlt, indessen nur in der spanischen Provinz Esdremadura in einem schmalen Gange massenhaft auftritt.

Der in der Wetterau von Dr. Bromeis aufgefundene phosphorsaure Kalk ist nach dessen Angabe nur ein secundäres aus dem Basalt entstandenes Product.

Durch die vortreffliche, von Sonnenschein in Berlin aufgefundene Methode (mit molybdänsaurem Ammoniak) ist es gelungen, in fast allen Gebirgsarten Phosphorsäure nachzuweisen. Der gewöhnliche dreibasische phosphorsaure Kalk $_3CaO + PO^5$, ist in reinem Wasser durchaus unlöslich, in nicht unbedeutender Menge löslich dagegen in Wasser, das mit Kohlensäure gesättigt ist. Alle Umstände machen es wahrscheinlich, daß dieser Weg es ist, auf dem die Phosphorsäure in die Pflanzen gelangt, die wieder Menschen und Thieren zur Nahrung dienen. Besonders reich sind die Saamentheile, die Früchte der Cerealien und Legumimosen.

Im thierischen Körper, wenigstens bei den höheren Klassen, giebt es wohl keinen Theil, der nicht größere oder geringere Mengen von Phosphorsäure enthielte.

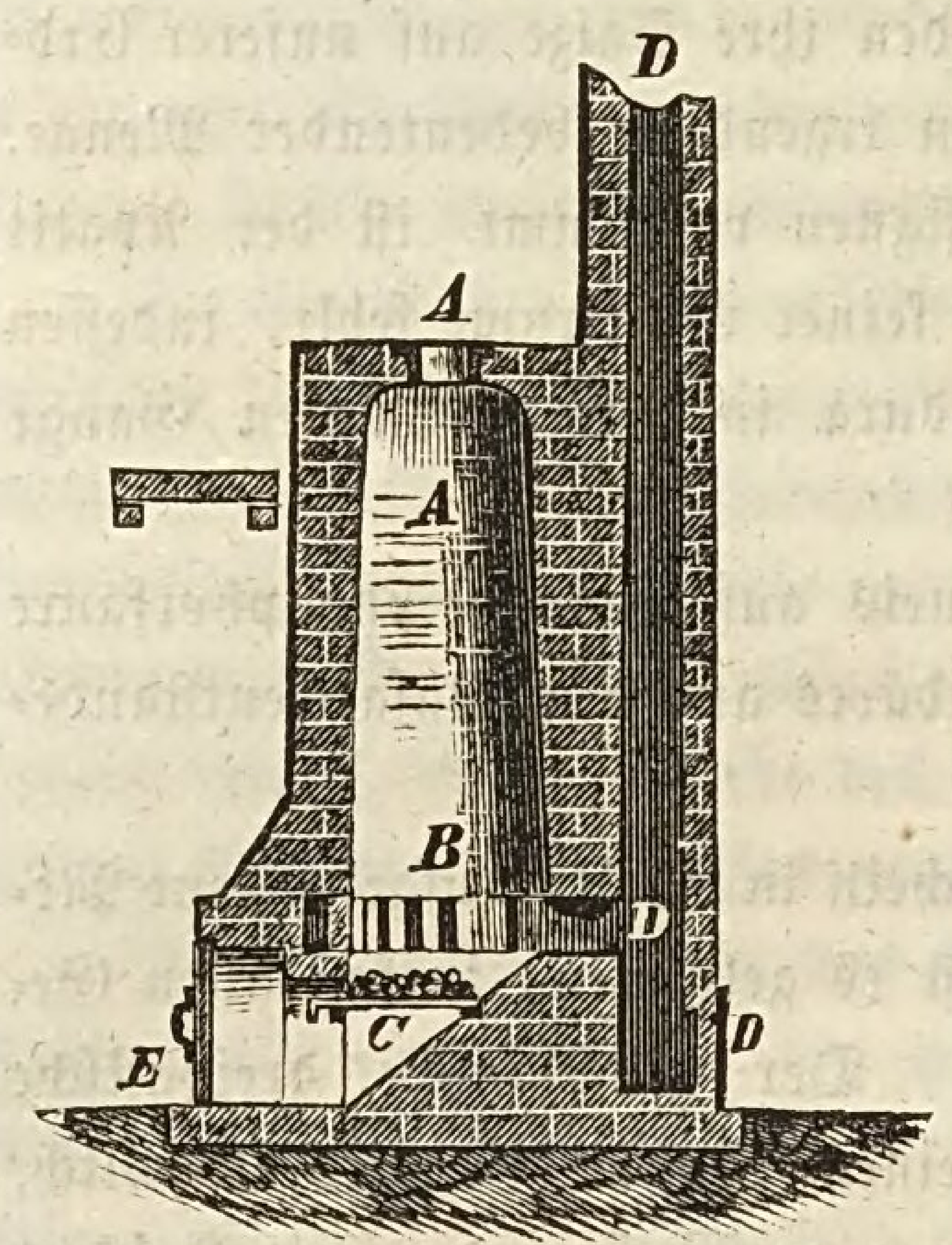
Bei weitem überwiegend tritt sie indessen in den Knochen auf, die etwa zur Hälfte aus phosphorsaurem Kalk bestehen. Dieselben dienen daher auch heut zu Tage ausschließlich zur Darstellung des Phosphors. Der bis jetzt eingehaltene Weg der Gewinnung besteht in einer Ausscheidung des Kalkes durch Schwefelsäure und einer Reduction der Phosphorsäure durch Kohle, indem auf 1 Aeq. Phosphorsäure 5 Aeq. Kohle angewendet werden, so daß Phosphor und Kohlenoxyd entsteht. $PO^5 + 5C = P + 5CO$.

In der Praxis sind besonders folgende Operationen gebräuchlich. Die Knochen werden zuerst weiß gebrannt, d. h. von allen verbrennlichen Theilen befreit.

Die Anwendung der Knochenkohle würde den Proceß bei den nachfolgenden Behandlungen nur erschweren.

Man wählt zu diesem Ende die Knochen aus, die durch eine weit vorgeschrittene Verwitterung für andere Zwecke, wie Leimfabrikation und Knochenkohle, untauglich geworden sind, und äschert sie am zweckmäßigsten in einem Ofen von beistehender Construction ein.

Fig. 52.



Ofen zum Weißbrennen der Knochen.

Er besteht in einem gemauerten Cylinder A, der oben stark zusammengezogen ist, so daß die mit einer Eisenplatte eingefaßte Oeffnung sich leicht luftdicht verschließen läßt. Dieser Cylinder hat unten einen Rost C, der indessen nur im Anfang fungirt und später nur zum Ziehen der fertig gebrannten Knochen dient. Unmittelbar über demselben befinden sich rings um den Ofen herum 8 bis 10 Füchse B, die in einen ringförmigen Kanal münden und durch ihn mit dem gutziehenden Schornstein D communiciren. A ist der Raum, der mit den Knochen gefüllt wird, nachdem man auf dem Roste C ein Feuer mit Holzspähnen entzündet hat. Sobald dies gut in Brand gerathen ist, schließt man die untere Zugöffnung und der Zug geht alsdann von der oberen Mündung von A durch die Knochen und durch die Füchse nach dem Schornstein.

Es etablirt sich dann ein sogenanntes oberschlächtiges Feuer, wo der Zug durch das aufgeschüttete Material nach der Stelle der Verbrennung streicht.

Hierdurch werden alle Destillationsproducte, gemengt mit reichlichen Mengen Luft, gezwungen, durch eine starke weißglühende Schicht zu passiren und verzehren sich vollständig. Auf diese Art wird der so unangenehme Geruch beim Verbrennen thierischer Substanzen fast ganz vermieden oder wenigstens auf ein Minimum herabgebracht. Die fertig gebrannten Kohlen werden von Zeit zu Zeit durch den anfänglichen Aschenfall entfernt, und in dem Maaße, als dadurch die Beschickung zusammensinkt, frische Knochen aufgegeben.

Sind die Knochen nicht gar zu sehr verwittert, so genügt die beigemengte organische Substanz, ohne weiteres Zugeben an Brennmaterial, um die zur Calcination nöthige Hitze zu liefern.

Die erhaltenen weiß gebrannten Knochen werden fein zerstampft oder gemahlen und gesiebt. Sie enthalten neben etwa 16—18% kohlensaurem Kalk besonders dreibasisch phosphorsauren Kalk, der also auf 84 Theile Kalk 72 Theile Phosphorsäure enthält.

Es wäre leicht, durch Zufügung von 3 Aeq. Schwefelsäure allen Kalk zu entfernen und reine Phosphorsäure darzustellen.

Diese wäre indessen durch kein Mittel von ihrem Wassergehalt zu befreien und würde daher bei der Destillation fast nur Phosphorwasserstoffgas liefern. Setzt man dagegen nur 2 Aeq. Schwefelsäure hinzu, so erhält man einerseits 2 Aeq. Gyps, anderseits einen sauren phosphorsauren Kalk von der Zusammensetzung $\left.\begin{matrix} CaO \\ 2HO \end{matrix}\right\} PO^5$, der indessen bei Rothglühhitze sein Wasser fast vollständig verliert. Füge ich nunmehr Kohle hinzu und destillire bei Weißgluth, so bildet sich aus 3 Aeq. dieser Verbindung wieder $3CaO + PO^5$, und $^2/_3$ der Phosphorsäure unterliegen der Reduction.

Auf 100 Theile frische Knochen werden in der Praxis 30 Theile conc. oder 45 Theile Pfannenschwefelsäure von 50° B. angewendet.

Die Zersetzung findet in mit Blei ausgeschlagenen Bottichen statt, in die man zuerst etwa die $2^1/_2$fache Menge der Knochen kochendes Wasser, dann die Schwefelsäure und endlich portionsweise die gemahlenen Knochen hineinbringt. Man operirt lieber mit kleineren Mengen und wiederholt die Beschickung eines solchen Bottichs mehrmals, als daß man sich der Gefahr einer unvollständigen Zerlegung aussetzt, die durch die Schwerlöslichkeit des entstehenden Gypses leicht eintreten könnte.

Man läßt ferner die Substanzen wenigstens während 12 Stunden unter zeitweiligem Umrühren auf einander einwirken, alsdann durch Absetzen klären und zieht endlich die klare Lösung sorgfältig ab.

Der unlösliche Rückstand wird ausgepreßt, und man wiederholt diese Operation mehrmals, nachdem man ihn mit Wasser angerührt hat. Er ist als feinvertheilter Gyps und wegen des unvermeidlichen Rückhaltes an Phosphorsäure ein werthvolles Düngemittel. Durch ein mehr systematisches Auswaschen könnte man die Menge des aufgelösten Gypses wesentlich vermindern.

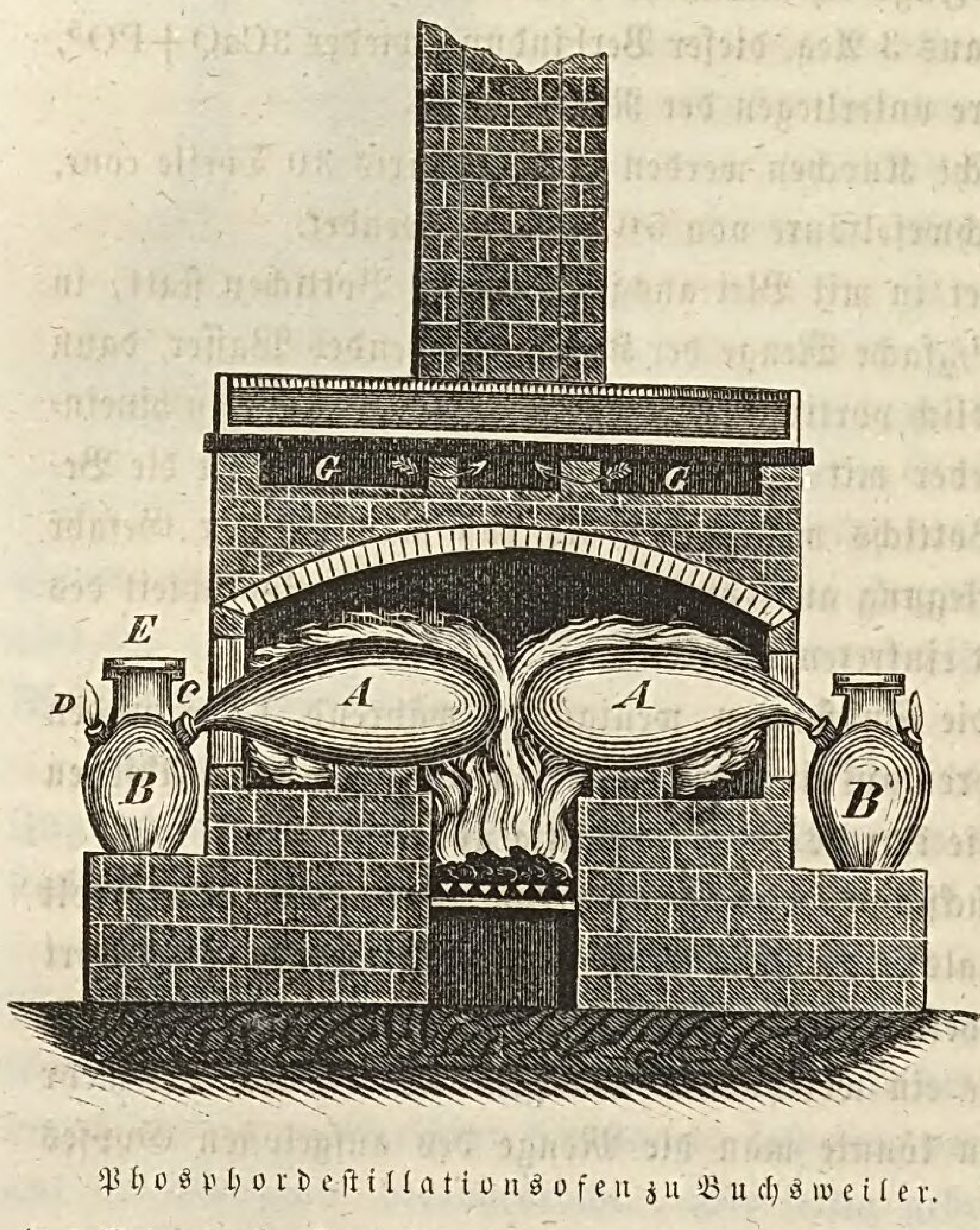
Die angesammelten Laugen werden nun in Bleipfannen, die am besten durch die abziehende Wärme der Destillationsöfen erwärmt werden, bis fast

zur Syrupsconsistenz abgedampft, worauf man diese Masse mit etwa 20 $\frac{0}{0}$ ihres Gewichts an pulverförmiger Holzkohle mischt. Schließlich wird die fast trockne pulverförmige Masse in gußeisernen Kesseln bis zum Rothglühen erhitzt, um den letzten Rest von Wasser auszutreiben. Je sorgfältiger dies geschieht, desto reichlicher ist die Ausbeute an Phosphor.

Diese Operation wird am Besten im Freien vorgenommen, damit die Arbeiter von dem weggehenden schwefligsauren Gase nicht leiden. Es ist möglich, daß dasselbe der Zersetzung des Gypses durch den sauren phosphorsauren Kalk und der Reduction der ausgeschiedenen Schwefelsäure durch die Holzkohle seine Entstehung verdankt.

Diesen Gyps sucht man, beiläufig gesagt, schon bei der Concentration möglichst zu entfernen. Die so erhaltene Masse wird noch heiß in die Destillationsgefäße eingefüllt. Diese sind aus feuerfestem Thon angefertigt und haben wenigstens nach Angabe der Lehrbücher sehr verschiedene Formen.

Fig. 53.



Phosphordestillationsofen zu Buchsweiler.

Die, welche ich in der oft erwähnten Fabrik von Schattenmann gesehen, hatten eine birnförmige Gestalt, wie sie Fig. 52, Buchstabe A. darstellt.

Ihr Schnabel mündete in einfache thönerne Vorlagen BB, die den Töpfen gleichen die auch bei der Schwefeldestillation üblich sind. Sie haben einen Ansatz C zur Aufnahme des Retortenhalses, ferner eine kleine seitliche Oeffnung D zum Entweichen der Gase und endlich einen weiten Hals E, der zum Herausnehmen des Phosphors dient. Eine Verstopfung des Retortenhalses tritt nicht leicht ein, da derselbe sehr kurz ist und kaum aus dem Ofen hervorragt. Er kann von der Vorlage aus gereinigt werden, falls es

nöthig erscheinen sollte. Die Töpfe sind natürlich mit Wasser gefüllt, in welchem sich der Phosphor in Gestalt von unregelmäßigen Tropfen absetzt. Die Retorten liegen in zwei Reihen neben einander in einem Galeerenofen, der an den schmalen Seiten zwei große Feuerungen hat, deren Flamme, nach der Mitte zu streichend, sämmtliche Retorten umspült. Die hier noch nicht vollständig ausgenutzte Flamme heizt, ehe sie durch die Füchse gg und den Abzug h in den Schornstein entweicht, noch die zur Abdampfung der Laugen bestimmten Bleipfanne. Die Vorlagen stehen auf zwei Bänken zur Seite des Ofens und entbehren jeder besondern Kühlung und Gasableitung. Die entwickelten Gase entzünden sich von selbst an der Luft und brennen mit heller, leuchtender Phosphorflamme.

Der so erhaltene rohe Phosphor ist noch keine Handelswaare. Er muß von den beigemengten Oxydtheilchen gereinigt und geformt werden. Erstere Operation geschieht sehr einfach dadurch, daß man ihn durch Leder preßt. Am besten, aber freilich auch am kostspieligsten ist Gemsleder, da die einmal benutzte Haut nicht wiederholt angewendet werden kann, indem das Phosphoroxyd ihre Poren verstopft. Natürlich geschieht die Erwärmung, die zum Schmelzen nöthig ist, unter heißem Wasser, um die so leicht eintretende Entzündung des Phosphors zu vermeiden.

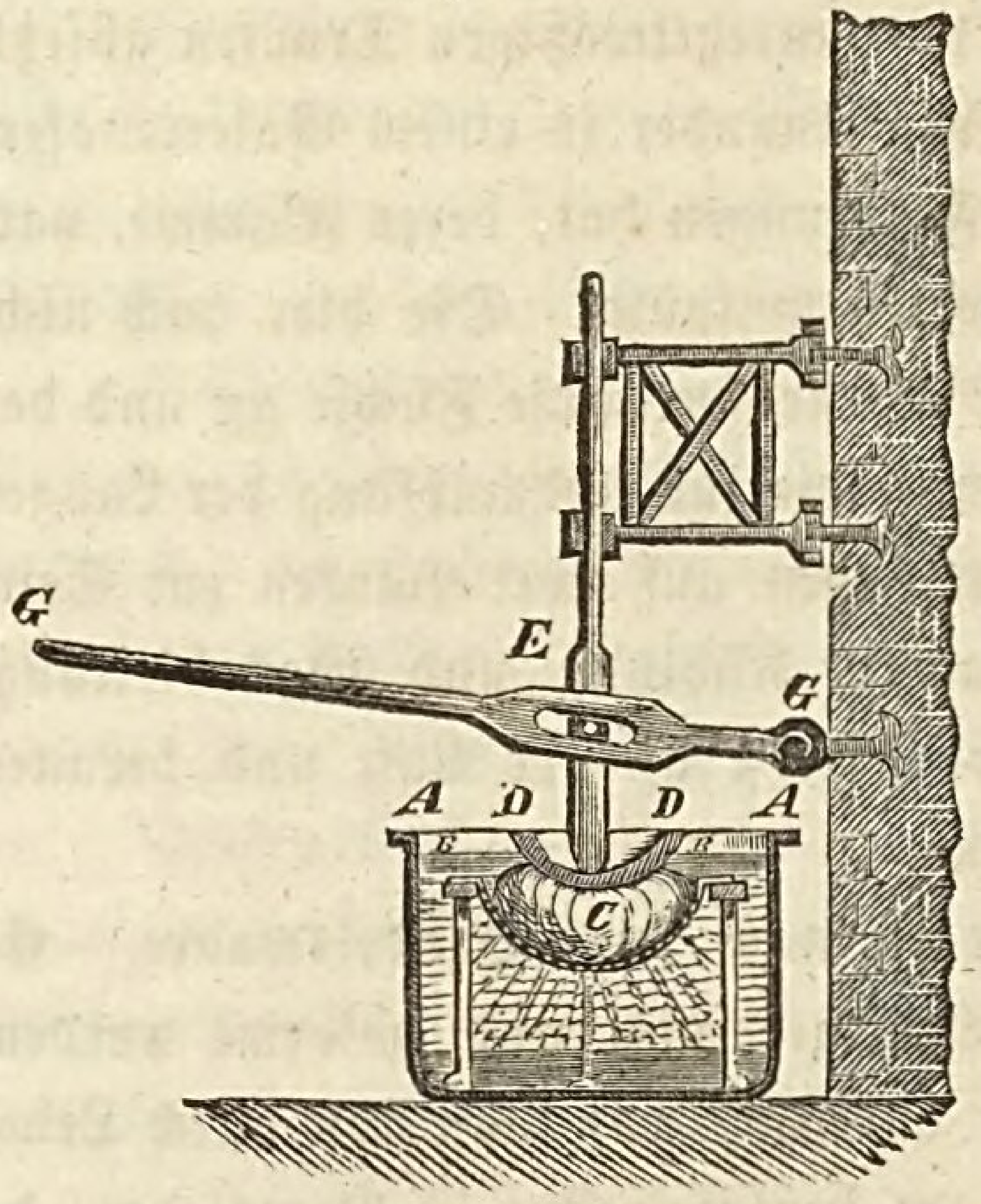
Bei dem ältern Verfahren, wo das Pressen mit den Händen geschah, traten trotzdem, wenn vielleicht zufällig das Leder einen Riß bekam, durch das Umherspritzen und die Entzündung des Phosphors große Gefahren für die Arbeiter ein, indem die durch Phosphor verursachten Brandwunden sehr schmerzhaft sind und nur äußerst langsam heilen. Man vermuthet, daß dies den Partikelchen von unverbranntem Phosphor zuzuschreiben ist, die in der Wunde zurückbleiben und allmälig in phosphorige Säure oder Phosphorsäure übergehen.

Man wendet daher jetzt allgemein nachstehende verbesserte Methode an. Man bindet die mit Phosphorstücken gefüllte Haut über denselben zu einem festen Sacke C zusammen und legt sie mit dem Knoten nach oben in ein durchlöchertes, halbkugelförmiges Blechgefäß BB, das sich in einem kupfernen Kasten AA mit heißem Wasser befindet (s. Fig. 54).

Der Phosphor schmilzt sehr bald, und indem man nun auf den Knoten eine Eisenblechschaale DD stellt und diese mittelst eines Hebels E langsam niederdrückt, wird er in feinen Strahlen in das unterstehende Gefäß fließen.

Der Rückstand in der Haut, der zum größten Theil aus Phosphoroxyd und fein vertheiltem Phosphor besteht, liefert bei der Behandlung mit nicht

Fig. 54.

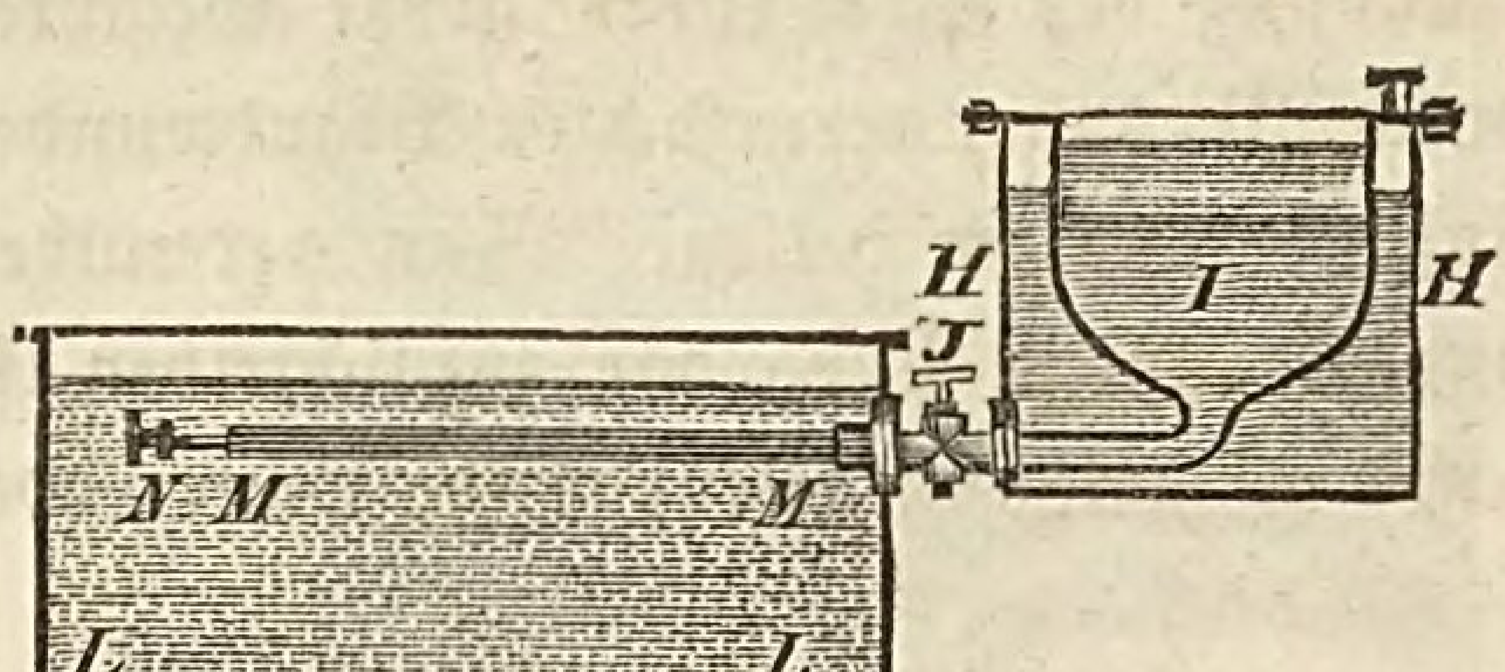


Pressen des Phosphors.

zu starker Salpetersäure sehr reine Phosphorsäure und eine kleine Menge eines vollständig farblosen Phosphors. Dieses Mittels, der Behandlung mit Salpetersäure, bedient man sich auch, um an dem Lichte roth gewordenen Phosphor wieder zu entfärben.

Der größte Theil des Phosphors kommt jetzt noch in der Form von etwa $\frac{1}{4}$ Zoll dicken und 2 Zoll langen Stängelchen in den Handel. Um ihm diese Form zu geben, bediente man sich früher des Mittels, den geschmolzenen Phosphor mit dem Munde in etwas konische Glasröhren aufzusaugen, aus denen er, nachdem er in kaltem Wasser erstarrt war, mit einem Draht herausgestoßen wurde. Diese umständliche und theilweise auch gefährliche Operation ist von Payen durch eine sehr einfache Einrichtung wesentlich verbessert worden.

Fig. 55.



Formen des Phosphors.

Der zu formende Phosphor befindet sich in einem kupfernen Kasten I, an dessen Boden zwei kurze Dillen angelöthet sind, die nach Belieben durch einen kleinen Hahn J verschlossen werden können. An diese Dillen sind Glasröhren MM von der verlangten Weite und etwa 2- bis 3facher Länge der Stängelchen gekittet, die ihrerseits sich in einem geräumigen Gefäß mit kaltem Wasser befinden. Bringt man nun den Phosphor in dem ersten Gefäße durch Eingießen von heißem Wasser in das umgebende Wasserbad HH zum Schmelzen, verschließt dann einen Moment die freie Oeffnung der Glasröhren durch die Finger oder einen Stöpsel N und läßt nun durch Oeffnen des Hahnes den Phosphor in die Röhrchen einfließen, so erstarrt er darin fast augenblicklich zu einer festen Stange, die sich leicht aus der Mündung herausziehen läßt. Die ganze Operation besteht dann darin, daß man die Hähne der beiden Röhren abwechselnd öffnet und die

Stangen bis auf ein kurzes zum Anfassen und zum Verschluß der vordern Oeffnung dienendes Ende herauszieht und in der gewünschten Länge abschneidet.

Die Form der Stangen hat das für sich, daß sie bei einer verhältnißmäßigen Bequemlichkeit des Verwiegens und Vertheilens doch eine nur unbedeutende Oberfläche darbieten. Wollte man auf letztern Umstand kein Gewicht legen, so würde es noch bequemer sein, den Phosphor in der Form von feinen Körnern herzustellen, in die er sich trotz seiner wachsartigen Consistenz leicht bringen läßt. Diese Granulation des Phosphors erfolgt aufs leichteste, wenn man dem Wasser, in dem er geschmolzen ist, etwas Urin oder auch reinen Harnstoff zusetzt und nun bis zum Erkalten schüttelt. Es gelingt dadurch, ihn in fast staubfeinen Körnchen darzustellen.

Der Phosphor muß eben wegen seiner leichten Entzündlichkeit auf das sorgfältigste verpackt werden. Früher geschah dies in Glasflaschen, die voll Wasser gefüllt, durch Stopfen und Blase verschlossen und dann in Blechbüchsen eingeschlossen wurden. Seitdem hat man aber bei der massenhaften Consumtion eine Ersparniß darin gesucht, die Glasflaschen zu umgehen und den Phosphor direct in Blechbüchsen, die dann verlöthet werden, einzupacken.

Diese Blechbüchsen sind aber in Berührung mit dem immer etwas Phosphorsäure enthaltenden Wasser dem Rosten sehr ausgesetzt, und wenn durch ein so entstandenes Loch das Wasser ausfließt, so ist eine Entzündung kaum zu vermeiden.

Es ist mir ein Fall bekannt, wo 200 Pfd. Phosphor auf diese Weise sich entzündeten und ein höchst gefährlicher Brand nur durch Absperrung aller Luftlöcher des Kellers verhindert werden konnte. Als man am folgenden Tage wieder Luft in den Keller treten ließ, gerieth der Phosphor augenblicklich wieder in Brand, und es war nöthig, den ganzen Raum unter Wasser zu setzen, um die Phosphorreste einzeln herauszufischen.

Während alle Welt diese ungemeine Affinität des gewöhnlichen Phosphors zum Sauerstoff der Luft kannte, mußte eine Entdeckung des Prof. Schrötter in Wien das Publikum aufs Aeußerste in Erstaunen setzen. Derselbe entdeckte nämlich einen Phosphor, der an freier Luft ohne Veränderung Jahre lang liegen konnte und sich erst bei nahezu 200° entzündete, mit einem Worte den rothen, amorphen Phosphor. Schon früher hatte man bemerkt, daß der Phosphor am Lichte, selbst unter Wasser eine rothe Rinde bekam, und hatte dies einer partiellen Oxydation zugeschrieben. Schrötter wies nun zuerst nach, daß dieser rothe Phosphor keine Spur von

Sauerstoff enthielte, sondern nichts als eine allotropische Modification des gewöhnlichen Phosphors sei, gerade so, wie Graphit und Diamant allotropische Modificationen des Kohlenstoffs sind. Es gelang ihm, denselben in großen Mengen und auf so einfachem Wege darzustellen, daß in England ein Patent darauf genommen und der amorphe Phosphor von dort aus in bedeutenden Quantitäten auf den Markt gebracht wurde. Zu dieser Umwandlung genügt es, den gewöhnlichen Phosphor längere Zeit in einer sauerstofffreien Atmosphäre nahe bei der Temperatur seiner Verflüchtigung (211° C.) zu erhalten.

Man erhält schließlich eine rothe, dem Rotheisenstein in äußerem Ansehen sehr ähnliche Masse, die sich, falls die Operation gut gelungen, ohne Gefahr pulvern läßt.

Indessen erscheint es doch nothwendig, die letzten Reste von gewöhnlichem Phosphor durch Schwefelkohlenstoff auszuziehen, der nur diesen, dagegen keine Spur der rothen Modification auflöst.

Die Zündhölzchenfabriken versuchten anfangs, denselben einzuführen, besonders um die schreckliche Krankheit, die Caries der Kinnbacken, der ihre Arbeiter zum Opfer fielen, zu bekämpfen. Trotz der, wie es schien, günstigen Resultate ist der Absatz des amorphen Phosphors zu keiner Zeit ein bedeutender gewesen und hat in der letzten Zeit fast ganz aufgehört. Ob die Ungewohntheit der Manipulation, die zeitweilig vorkommenden Entzündungen oder endlich die zu seiner Entzündung durch Reibung nöthigen Zusätze von chlorsaurem Kali der Grund hierzu gewesen, vermag ich nicht anzugeben.

Beiläufig gesagt, läßt sich der rothe Phosphor aufs leichteste in den gewöhnlichen zurückführen, indem man ihn nur wenige Grade über die Temperatur seiner Bildung zu erhitzen braucht.

Nachträglich sind noch einige in neuerer Zeit proponirte Methoden der Phosphordarstellung zu erwähnen, die indessen noch nicht in die Praxis übergegangen sind. Cari-Mantrand hat durch Versuche nachgewiesen, daß ein Gemenge von Knochenasche und Holzkohle bei mäßiger Rothgluth durch darüber geleitetes, trockenes Salzsäuregas in Chlorcalcium, Wasserstoff, Kohlenoxyd und Phosphor zerlegt wird. Bei richtiger Leitung der Operation ist die Zerlegung fast vollständig. Ein anderer Chemiker will die Knochen mit Salzsäure ausziehen, aus der Lösung den reinen phosphorsauren Kalk durch Kristallisation ausscheiden und erst diesen zur Phosphordestillation verwenden.

Vierte Abtheilung.

Das Glas.

Zwölftes Kapitel.

Das Glas, seine Zusammensetzung und Verarbeitung.

Im täglichen Leben gebrauchen wir oftmals Gegenstände, die durch die Häufigkeit ihrer Anwendung, durch den billigen Preis, zu dem wir sie kaufen, das Interesse für uns in dem Grade verloren haben, daß wir uns kaum der zahlreichen nützlichen Eigenschaften erinnern, durch welche sie zur Erleichterung und Verschönerung unserer Existenz beitragen. Wir sehen mit Erstaunen die höchste Kunst des Alterthums an Glaspasten verschwendet, bei denen das Material nach heutigen Begriffen kaum mehr als mittelmäßig zu nennen ist; wir hören von murrhinischen Gefäßen, die bei den Römern dem Golde gleich geschätzt wurden, und finden, daß es nichts weiter, als schlecht gefertigte Glasvasen sind. Ist aber nicht das Glas vor allen Stoffen, welche die geschäftige Industrie producirt, durch seine vortrefflichen Eigenschaften ausgezeichnet. Wo finden wir in allen Reichen der Natur einen Körper von dieser Durchsichtigkeit und diesem Glanze, von dieser Härte und Unangreifbarkeit, der zugleich eine so leichte Verarbeitung gestattet und zu einem so billigen Preise herzustellen ist. Wir können das Glas im kalten Zustande schleifen und schneiden; bei Rothgluth dagegen gestattet der zähe Zustand, den es bei dieser Temperatur annimmt, das Aufblasen, Ausziehen, Biegen und Zusammenkneten; bei Weißgluth endlich wird es so dünnflüssig, daß es sich ohne Schwierigkeit zu großen Tafeln gießen läßt.

Die Materialien zum Glase finden sich in so unbegrenzter Menge, daß nur die reellen Kosten der Gewinnung, nicht der Ueberpreis des seltenen Vorkommens, wie bei Gold und Silber zu bezahlen ist.

Was wollten wir jetzt ohne Glasgefäße und Glasgeschirre anfangen? was wären endlich die Naturwissenschaften ohne die wissenschaftlichen Appa-

rate aus Glas, ohne Thermometer und Barometer, ohne Mikroscop und Telescoplinsen?

Das Glas ist im Wesentlichen ein Gemenge von kieselsauren Salzen und ähnelt darin den meisten Gesteinen, die unsere feste Erdrinde bilden. Als wesentliches Moment tritt indessen die eigenthümlich amorphe, glasige Structur hinzu, die im Mineralreich sich nur noch bei denjenigen Substanzen findet, die wie Laven, Obsidian 2c. einer vulkanischen Thätigkeit ihren Ursprung verdanken. Hier wie beim Glase bedingt die rasche Erstarrung diese amorphe Molecularanordnung; hier wie dort bewirkt eine langsame Abkühlung die Ausbildung isolirter Kristalle und damit das Wegfallen des muschligen Bruchs, der Durchsichtigkeit, kurz aller characteristischen Merkmale des amorphen, glasigen Zustandes.

Es war der neueren Zeit vorbehalten, sowohl in manchen amorphen Mineralien, als besonders auch im Glase Anfänge der Kristallisation aufzufinden. Wird ein Streifen Fensterglas in eine Mischung von Flußspath und Schwefelsäure, in schiefer Stellung etwa zur Hälfte eingetaucht, so findet eine Aetzung statt, die an der Oberfläche des Gemisches sich soweit ermäßigt, daß nur die glasige Grundmasse angegriffen wird, die Kristalle aber hervortreten.

Die stärkere Ausbildung der erwähnten Kristalle beim langsameren Abkühlen lehrt jeder Glashafen, der wegen Schadhaftigkeit aus dem Glasofen herausgeworfen wird. Der kleine Rest von Glas, der darin geblieben, zeigt sich nach dem Zerschlagen meist voll von mehr oder weniger deutlich ausgebildeten Kristallen. Ganz dieselben Vorgänge bedingen die Bildung des sogenanten Reaumür'schen Porzellans. Wird irgend ein Glasgefäß, am besten von gemeinem grünen Flaschenglase, einer länger dauernden Rothgluth ausgesetzt, läßt man es z. B., in Gyps oder Ziegelmehl eingepackt, um es vor dem Zusammensinken zu bewahren, den Brand eines Töpferofens mitmachen, so findet man beim Herausnehmen, daß es undurchsichtig und etwas rauh geworden ist und ganz das Aussehen manches stark gesinterten Porcellanbiscuits angenommen hat. Schlägt man ein Stück ab, so bemerkt man, daß der Bruch von beiden Oberflächen aus ein feinfasriges Gefüge zeigt, während in der Mitte oft noch ein Faden unverändertes Glas liegt. Diese eigenthümliche Kristallisation vermindert sehr wesentlich die Sprödigkeit des Glases und besonders seine Empfindlichkeit gegen jähe Temperaturwechsel, Eigenschaften, die indessen nicht genügen, um die ziemlich kostspielige Darstellung dieses Productes lohnend zu machen.

Alkaliarme und kalkreiche Gläser sind besonders geneigt zu dieser Entglasung. Ein sonst tadelloses Glas ändert während des Entglasungsprocesses sein absolutes Gewicht und demnach auch seine elementare Zusammensetzung nicht im mindesten, und wenn das entstandene Reaumür'sche Porzellan bei gesteigerter Temperatur wieder eingeschmolzen wird, liefert es wieder dasselbe durchsichtige Glas, aus dem es entstanden ist.

Das Glas ist, wie oben gesagt, ein Gemenge von Silicaten, das neben Kieselsäure und Borsäure, Kali, Natron, Kalk, Bleioxyd, Thonerde und andere mehr oder weniger wichtige, mehr oder weniger färbende Oxyde enthält.

Es erscheint nun höchst interessant, daß die einfachen Verbindungen der Kieselsäure mit einer einzigen dieser Basen kein irgendwie als Glas taugliches Product liefern können. Kieselsaurer Kalk für sich ist steinig und fast unschmelzbar; kieselsaures Kali für sich wird durch Säuren, ja bei größerem Alkaligehalte schon durch Wasser zersetzt und aufgelöst. Die Doppelverbindung von kieselsaurem Kali und kieselsaurem Kalk dagegen giebt das vollkommen glasige, leicht schmelzbare und durchaus unangreifbare böhmische Hohlglas.

Die Gegenwart eines Alkali's ist unerläßlich zur Constituirung eines wirklich guten, zu allen Zwecken tauglichen Glases.

Abgesehen hiervon aber herrscht in qualitativer und quantitativer Hinsicht eine fast unbegrenzte Freiheit der Zusammensetzung. Besonders in letzterer Beziehung finden wir, daß das Gesetz der Aequivalente so gut wie gar keinen Einfluß auf die zum Schmelzen verwendeten Glassätze ausgeübt hat. Man mischt dieselben noch heut zu Tage nach den empirischen Recepten, welche eine Jahrhunderte alte Erfahrung als die besten hat erkennen lassen. Fassen wir diesen Punkt einen Augenblick genauer in's Auge, so erkennen wir bald, daß bei der einmal eingeführten, allein zulässigen Methode der Glasbereitung das Innehalten der Aequivalentverhältnisse eine Unmöglichkeit ist. Die angewendeten Materialien, der Sand, der Kalk, die Alkalien sind in ihrer Zusammensetzung meistentheils so verschieden, die immer zugesetzten Glasbrocken sind aus so unendlich vielen Quellen zusammengeflossen, daß der wahre Gehalt an Kieselsäure, Kali, Natron rc. in praxi absolut nicht zu ermitteln ist. Selbst wenn dies durch die angestrengtesten Bemühungen möglich gemacht würde, wäre damit noch durchaus nicht eine stöchiometrische Zusammensetzung des fertigen Glases gegeben, indem das Schmelzen selbst, durch Verflüchtigung des Alkali's, durch Angreifen der

Hafenwände ꝛc. zu mannichfaltigen Umänderungen derselben Veranlassung giebt, ja selbst falsche Schmelzsätze mit einem unzweckmäßigen Ueberschuß von Alkali zu corrigiren im Stande ist.

Es bleibt demnach nichts übrig, als die gebräuchlichen Glassätze pure anzunehmen und das chemische Gewissen, das sich gegen diese Vernachlässigung der Aequivalente sträubt, dadurch zu beruhigen, daß man die verschiedenen Gläser nicht allein als Doppelsalze, sondern als Gemenge verschiedener stöchiometrisch zusammengesetzter Silicate annimmt. Sowie Kristalle in dem Glase auftreten, fügen sich dieselben dem allgemeinem Aequivalentengesetz.

Die verschiedenen Glashütten weichen in ihren Sätzen besonders dadurch von einander ab, daß sie bald mehr, bald weniger mit dem theuren Alkali geizen. Dies hängt eng mit dem Preise und der Güte des Brennmaterials zusammen, über welches sie disponiren können.

Aus allen diesen Verschiedenheiten und Unregelmäßigkeiten heben sich indessen immer folgende genau geschiedene Glassorten hervor.

1. Kalikalkglas. Böhmisches Kristallglas. Es ist dies eine der edelsten Sorten Glas, farblos oder höchstens mit einem schwachen Stich in's Graue, ziemlich schwer schmelzbar, hart und durch Säuren und Alkalien fast unangreifbar. Es eignet sich besonders zu chemischen Apparaten, wird vielfältig gefärbt, verziert und geschliffen.*)

2. Natronkalkglas. Französisches Glas, gewöhnliches Weißglas, Fensterglas, Medicinglas. Es schmilzt leichter als das vorige, ist etwas weniger hart und zeigt in dickeren Schichten einen deutlichen Stich in's Grüne, eine Färbung, die für das Natronglas characteristisch ist.

3. Kalibleioxydglas. Englisches Kristallglas. Farblos, etwas düster, häufig in's Röthliche spielend, leicht schmelzbar und ziemlich weich. Besonders characteristisch ist sein bedeutendes specifisches Gewicht und sein schöner glockenheller Klang. Wegen seines hohen Glanzes und seiner ausgezeichneten Lichtbrechungsfähigkeit ist es besonders zu geschliffenen Gegenständen zu verwenden, wobei außerdem seine große Weichheit die Arbeit sehr erleichtert. Eben dahin gehört auch das zu optischen Zwecken unentbehrliche Flintglas und der als Basis für die künstlichen Edelsteine dienende Straß, bei denen der Bleioxydgehalt bis auf die Hälfte, ja bis $^2/_3$ steigen kann.

4. Thonerdekalkaliglas. Bouteillenglas. Das Auftreten der kieselsauren Thonerde verleiht diesem Glase eine besondere Schwerschmelzbarkeit, die noch dadurch erhöht wird, daß der Alkaligehalt um der

*) Hierher gehört auch das Spiegelglas, das indessen häufig noch einen Zusatz von Natron erhält, um es leichter schmelzbar zu machen.

Wohlfeilheit willen auf ein Minimum reducirt wird. Ein gänzliches Weglassen von Alkali ist unstatthaft und würde unfehlbar das Entglasen veranlassen. Auch möchte dann das Schmelzen zu blankem Glas überhaupt unmöglich werden. Neben der Thonerde finden sich als Flußmittel noch Eisen- und Manganoxyde, oft in beträchlicher Menge. Der Kalk wird theilweise durch Magnesia ersetzt. Diese Beimengungen, meistens nur von der Unreinheit der Materialien abhängig, verleihen dem Flaschenglase eine mehr oder weniger dunkle, grüne, oder rothgelbe Färbung, auf welche es indessen hier nur sehr wenig ankommt.

Ehe wir nunmehr auf die eigentliche Fabrikation der verschiedenen Glassorten übergehen, erscheint es nöthig, die angewendeten Materialien, Oefen und Apparate etwas näher ins Auge zu fassen.

Die angewendeten Materialien.

1. Die Kieselsäure ist sowohl in der Form von Quarz, Sand 2c. als auch als Bestandtheil fast aller unsrer Gesteine so massenhaft auf der Erde verbreitet, daß sie, wie Luft und Wasser, überall und fast umsonst zu haben ist. Die absolute Reinheit indessen, die für feinere Glassorten von derselben verlangt wird, ist viel seltener anzutreffen, indem fast jeder der natürlich vorkommenden Sandsorten Eisenoxyd, Thon, Kalk 2c. in oft nicht unbeträchtlichen Mengen anhängt. Für optische Gläser wird es dadurch manchmal nöthig, seine Zuflucht zum reinen durchsichtigen Bergkristall zu nehmen, der sich in besonders schönen, ausgezeichneten Kristallen in Drusenräumen der Schweizer Hochgebirge findet. Um die letzten Spuren von Eisen zu beseitigen, wird häufig noch das Ausziehen mit Salzsäure angewendet.

Dem Bergkristall am nächsten an Reinheit steht der oft in großen Massen vorkommende dichte Quarzfels, wie er sich z. B. an verschiedenen Stellen der Mosel findet. Demnächst bietet auch der Feuerstein ein schätzbares Material, da seine gelbgraue Farbe meist nur von organischen Substanzen herrührt und daher durch Glühen leicht zerstört wird. Auch manche Sorten des natürlich vorkommenden Sandes sind fast absolut frei von Eisen und bestehen fast nur aus farblosen, durchsichtigen, oft sehr feinen Quarzkörnchen. Dahin gehört z. B. ein Glassand, der in Australien in der Nähe von Sydney in sehr großen Mengen gefunden wird und als Ballast mit den heimsegelnden Schiffen nach England gelangt, wo er in sehr vielen Glashütten Anwendung findet.

In manchen dieser Sandsorten finden sich die Spuren von Eisen in der Form von Magneteisenkörnchen, die sich durch Schlemmen, vielleicht auch durch den Magnet beseitigen ließen.

Bergkristall und Feuerstein, Quarzfels und Flußkiesel müssen vor der Verwendung fein pulverisirt werden, da die rasche Auflösung der Kieselsäure durch die Flußmittel wesentlich von der feinen Vertheilung derselben abhängt. Um hierbei einen übergroßen Kraftaufwand zu vermeiden, müssen diese festen Gesteine vorher durch Ausglühen und Ablöschen mürbe gemacht werden. Die organischen Substanzen verbrennen und die etwa vorhandenen Eisenoxydtheilchen, die sich in Sprüngen abgelagert finden, treten mit ihren eigenthümlichen Farben stärker hervor, so daß sie leicht durch Auslesen entfernt und unschädlich gemacht werden können.

Die Masse wird alsdann mittelst Stampfwerke zerkleinert, die mit möglichst hartem Eisen, am besten mit Gußstahl vorgeschuht werden, um jede Einmengung von Eisen zu vermeiden.

Für geringere Glassorten genügt schon ein weniger reiner Sand, wie man ihn fast überall unmittelbar unter der Ackerkrume findet. Die Flaschengläser nehmen ihren Kieselsäuregehalt aus dem zugesetzten Thone, dem Basalt und andern Felsarten.

2. Die Borsäure, obwohl sie dem Glase mehrere vorzügliche Eigenschaften, so eine besondere Leichtflüssigkeit, einen ausgezeichneten Glanz, einen vorzüglichen Widerstand gegen Entglasung verleiht, findet doch wegen ihres hohen Preises eine nur beschränkte Anwendung. Man setzt sie meistens in der Form von Borax, demnach in Verbindung mit Natron zu. Wo auch dieses wegen seines schwach grünlichen Stichs zu vermeiden ist, wendet man reine kristallisirte Borsäure an.

3. Kali und Natron. Die Ausgaben für die verbrauchten Alkalien spielen einen der wichtigsten Posten in dem Ausgabebudget einer Glashütte, und man hat daher alle Wege versucht, um diese Basen aus ihren billigsten Salzen zu schöpfen. Für die besten Gläser wird nur gereinigte Pottasche angewendet. Für Straß ist selbst chemisch reines Aetzkali vorgeschrieben, wie man es durch Behandlung mit absolutem Alkohol erhält. Die unreinen käuflichen Pottaschen werden häufig auf den Hütten selbst durch Auflösen in wenig Wasser, Absetzenlassen und Eindampfen der klaren Lösung gereinigt.*) Der Rückstand von schwefelsaurem, salzsaurem und kieselsaurem Kali kann zu geringeren Sorten Glas verwendet werden.

---

*) Die Pottasche, die meistens schließlich auf einer Ziegelsohle calcinirt wird, enthält häufig zahlreiche Ziegelbruchstückchen, welche natürlich äußerst nachtheilig färbend einwirken.

Was von den Alkalisalzen nicht in Verbindung mit der Kieselsäure tritt, das wird als Glasgalle oben ausgeschieden und kann dann durch Abschöpfen entfernt werden. Das Chlorkalium verflüchtigt sich größtentheils.

Für Fensterglas wurde früher viel rohe Holzasche angewendet, eine Quelle, die indessen in der neueren Zeit fast vollständig versiegt ist, und es finden jetzt nur die ausgelaugten Rückstände derselben, die neben kohlensaurem Kalk eine nicht unbeträchtliche Menge kieselsaures Kali enthalten, für Bouteillenglas hier oder da Verwendung.

Ueberall, wo es nicht auf absolute Farblosigkeit ankommt, wo ein geringer grüner Stich nichts schadet, wird die weit billigere Soda in den verschiedenen Graden der Reinheit angewendet. Die kristallisirte Soda, obgleich sie unzweifelhaft am reinsten ist, enthält zu viel Wasser, um ohne Weiteres dem Glassatze zugesetzt zu werden. Vielfältig wird dagegen die calcinirte Soda benutzt, welche sich durch ihren reichen Alkaligehalt als ein vortreffliches Flußmittel bewährt. Die rohe Soda, d. h. das Gemenge von kohlensaurem Natron und basischem Schwefelcalcium, wie es unmittelbar aus dem Sodaofen fließt, läßt sich nur für ganz gewöhnliche Glassorten in Gebrauch ziehen und kann dabei mit Vortheil durch noch billigere Natronsalze ersetzt werden.

Dahin gehört besonders das schwefelsaure Natron oder Glaubersalz, das indessen für sich durch die Kieselsäure nur langsam und schwierig zersetzt wird, wenn man nicht durch gleichzeitigen Zusatz von Kohle dafür sorgt, daß es zu Schwefelnatrium oder wenigstens zu schwefligsaurem Natron reducirt wird. Es ist anzunehmen, daß schon die schweflige Säure durch die Kieselsäure leicht und vollständig ausgetrieben wird, und man wird daher wohlthun, den Zusatz von Kohle möglichst niedrig zu bemessen, indem das Schwefelnatrium dem Glase leicht eine bräunliche Farbe mittheilt. Würde gar noch mehr Kohle angewendet werden, so würde sich dieselbe im Glase auflösen und dasselbe fast braunschwarz färben. Das schwefelsaure Natron, welches aus der Mutterlauge der Salinen gewonnen wird, ist auf den Glashütten am meisten beliebt, indem es viel freier von Eisen und Kochsalz ist, als das bei der Darstellung der Salzsäure erhaltene.

Die Anwendung des Kochsalzes zur Glasbildung findet an der schwierigen Zerlegbarkeit desselben und an der Leichtigkeit, mit der es verdampft, mannichfache Hindernisse, die seiner allgemeineren Benutzung trotz seines billigen Preises in den Weg getreten sind. Nur unter Beihülfe von Wasserdampf, der freilich in der Flamme in reichlicher Menge enthalten ist,

geht die Umsetzung in kieselsaures Natron und Salzsäure vor sich und zwar bei einer Temperatur, die wenig unter der Temperaturgrenze liegt, wobei sich das Chlornatrium verflüchtigt. Am besten wird es wohl angewendet, indem man den kochsalzhaltigen Satz vorher in einem Nebenofen frittet und erst diese Fritte in die Glashäfen einträgt. In der von mir geleiteten Hütte wurde das Flaschenglas, freilich bei einem starken Zuschlag von Glasbrocken, nur mit Kochsalz dargestellt. Angestellte Versuche ergaben, daß 2 Pfund Kochsalz etwa eben so viel wirkten, als 1 Pfund calcinirte Soda, daß demnach die Anwendung des Kochsalzes bei den dortigen Preisen beider Substanzen immer noch eine nicht unbedeutende Ersparniß möglich macht.

Schließlich wären hier noch einige alkalihaltige Silicate zu erwähnen, die wie Bimstein, Pechstein, Klingstein, Lava 2c. beim Flaschenglasschmelzen zugeschlagen werden. Sie liefern theilweise, selbst wenn sie unmittelbar, ohne weiteren Zusatz eingeschmolzen werden, ein vollkommen brauchbares Flaschenglas, das indessen häufig etwas zu dunkel gefärbt ist und daher dem jetzigen Geschmacke des Publikums wenig zusagt. Ein vorzügliches Flußmittel für derartige Gläser würde der reine Feldspath bieten, wenn nicht der große Verbrauch desselben in den Porzellanfabriken seinen Preis zu unverhältnißmäßig gesteigert hätte. Ich selbst habe mit feldspathreichem Granite ein sehr schönes, gut geflossenes, wenn auch etwas dunkles Glas erhalten.

4. Der Kalk ist um so besser, je freier er von Thon, Magnesia, Eisenoxyd und Manganoxyd ist. Derselbe findet im gebrannten und ungebrannten kohlensäurehaltigen Zustande Anwendung, und es herrschen gerade über diesen Punkt unter den verschiedenen Glasfabrikanten sehr verschiedene Ansichten. Die einen, welche gepochten Kalkstein oder geschlemmte Kreide anwenden, behaupten, daß der kohlensaure Kalk sich mit dem kohlensauren Natron in der Glühhitze zu einem Doppelsalze verbinde, welches wegen seiner Zähflüssigkeit besonders leicht durch die Kieselsäure zersetzt werde. Das Angreifen der Häfen, die Verflüchtigung des ungebundenen Natrons werde so am besten vermieden. Dieser Methode wird von den Gegnern besonders der Vorwurf gemacht, daß hierdurch noch mehr Kohlensäure in das Glas gebracht werde, deren Blasen so schwierig zu beseitigen sind. Durch das Brennen des Kalks falle ferner die immerhin lästige Arbeit des Pulverns fort, indem das Zerfallen des Aetzkalks ihn in hinreichend fein vertheilter Form liefere. Diese Differenzen endgültig zu entscheiden, bin ich nicht im Stande, glaube aber, daß sie von keiner wesentlichen Bedeutung sind.

Beim Kalk sei noch gleich des Baryts Erwähnung gethan. Wo sich derselbe, wie in England als Witherit, in Verbindung mit Kohlensäure vorfindet, liefert er ein vortreffliches, stark lichtbrechendes Glas, das sich nur etwas kurz beim Verarbeiten zeigen soll. Dagegen erscheint es unthunlich, denselben in der bei uns fast ausschließlich vorkommenden Verbindung mit Schwefelsäure, als Schwerspath, anzuwenden, da dieser viel schwieriger zerlegbar ist.

In der neuesten Zeit ist zu Drensteinfurth bei Minden ein sehr großes Lager von Strontianocalcit, $CaO + CO^2 + SrO + CO^2$, entdeckt worden, der zu dem sehr billigen Preise von 1 Thlr. 20 Sgr. pro Ctr. in den Handel kommt und sich vielleicht vortrefflich zum Glasschmelzen verwenden ließe.

5. Bleioxyd. Dies wird von den Bleihütten in großen Mengen producirt, die es bei dem sogenannten Abtreibeproceß durch ein oxydirendes Schmelzen des silberreichen Werkbleies erhalten. Soweit es aus dieser Quelle stammt, ist es indessen meistens so sehr mit fremden färbenden Metalloxyden von Kupfer, Antimon 2c. verunreinigt, daß fast durchgängig Mennige statt desselben angewendet wird.

Um diese darzustellen wird besonders reines Blei mit Sorgfalt oxydirt und das erhaltene gelbe Pulver, das Massicot, nach sorgfältigem Zerreiben und Schlemmen, nachträglich noch so lange bei schwacher Rothgluth unter reichlichem Luftzutritt behandelt, bis es durch Aufnahme von Sauerstoff in die gedachte Verbindung Pb^3O^4 übergegangen ist. Beim Schmelzen wird die Mennige unter Abgabe des überschüssigen Sauerstoffs wieder zu Bleioxyd, das in dieser feinen Vertheilung sich leicht mit der Kieselsäure verbindet. Kohlensaures und schwefelsaures Bleioxyd, so frei sie auch von fremden Oxyden sind, können die Mennige nicht vollkommen ersetzen, indem gerade dieser frei werdende Sauerstoff auf die unten zu erwähnende Weise wesentlich zur Farblosigkeit des darzustellenden Glases beiträgt.

6. Thonerde, Eisenoxyd, Manganoxyd, kurz diejenigen Substanzen, die in die Zusammensetzung des Flaschenglases mit eingehen, bieten sich meistens in so reicher Auswahl, daß hierdurch wesentlich der billige Preis der gemeinen Flaschen erklärt wird. Um auch an Brennmaterial zu sparen, wird man möglichst leicht schmelzende Thone, so den Eisen und Kalk haltenden Lehm oder manchen kalkreichen Mergel anwenden, darf aber nicht vergessen, daß ein zu großer Kalkgehalt die Flaschen leicht angreifbar durch die Säure des Weins, daß ein zu großer Eisengehalt sie zu dunkel macht.

Zu diesen glasgebenden Materialien treten noch diejenigen Substanzen hinzu, die in geringer Menge angewendet dazu dienen, das Glas nach Möglichkeit farblos zu machen.

Es sind dies meist sauerstoffreiche Körper, und dieser überschüssige Sauerstoff soll einerseits die beigemengten kohligen Stoffe verbrennen, andererseits das Eisenoxydul, welches, selbst in geringer Menge, das Glas grün färbt, in Eisenoxyd verwandeln, welches in entsprechender Dosis einen kaum merklichen gelben Stich hervorbringt. Hierhin gehört vor Allem:

1. Der Braunstein. Derselbe wurde schon von früher Zeit her zu diesem Zwecke verwendet, wie der mineralogische Name „Pyrolusit" für das reine Mangansuperoxyd andeutet. In etwas zu starker Dosis angewendet, färbt er, besonders wenn außerdem noch oxydirende Körper, wie Salpeter, angewendet worden sind, das Glas mehr oder weniger intensiv amethystroth. Diese Färbung glaubt man entschieden der Bildung eines Manganoxydglases zuschreiben zu dürfen, während die farblosen Mangangläser blos Manganoxydulsilicat enthalten sollen.

Unerklärlich ist dann nur die häufig beobachte Erscheinung, daß solche Gläser mit der Zeit, besonders aber im Sonnenlichte, sich durch und durch röthlich färben. Liegt hier ein nachträglicher Oxydationsproceß vor?

Nach Liebigs Ansicht wirkt das Mangan vielleicht nur dadurch entfärbend, daß es die rothe Complementärfarbe zu dem Eisengrün darbietet, durch deren beiderseitige Vermischung Weiß oder vielmehr Farblosigkeit entsteht. Ein analoges Beispiel liefern uns Nickel- und Kobaltlösungen, die bekanntlich ihre characteristischen Farben bei der Mengung vollständig einbüßen.

In vielen Glashütten wird die Analyse des angewendeten Manganerzes über die Gebühr vernachlässigt und es kommen dort Sorten zur Verwendung, die einerseits sehr wenig überschüssigen Sauerstoff, andererseits aber reichliche Mengen Eisenoxyd enthalten. Dieselben sind natürlich nur da anzuwenden, wo man, wie beim braunen Flaschenglase, den Braunstein neben sehr eisenreichen Zuschlägen, als Färbe- und zugleich als Flußmittel zusetzt.

Für Weißglas wäre stets der allerreinste Pyrolusit zu wählen, der bei der geringen Menge, die man davon als Zusatz braucht, nur unbedeutende Mehrkosten verursachen dürfte.

2. Die Mennige (s. o.) wird häufig in geringen Mengen dem Weißglase zugesetzt, um ihren überschüssigen Sauerstoff zu benutzen. Sie bietet den Vorzug vor den Braunstein, daß ein Ueberschuß derselben keinerlei Nachtheile bringt.

3. Salpetersaures Kali und Natron wirken ebenfalls entfärbend durch die lebhafte Entwickelung von Sauerstoff beim starken Erhitzen und liefern zugleich einen oft sehr willkommenen Beitrag an reinem Alkali.

4. Arsenige Säure, weißer Arsenik fand und findet noch heuti-

gen Tages in den Glashütten eine ziemlich ausgedehnte Anwendung. Sie wird durch Kohle schon bei schwacher Rothgluth reducirt und ein Ueberschuß schadet nicht, da er sich rasch und vollständig verflüchtigt. Nachdem der Glassatz vollkommen geschmolzen, drückt man mittelst eines gebogenen Eisens ein Stück weißen Arsenik auf den Boden des Hafens hinab. Die davon augenblicklich sich entwickelnden Dämpfe oxydiren den im Glase suspendirten Kohlenstoff, wahrscheinlich auch das Eisenoxydul, und bringen nebenbei eine sehr erwünschte Mengung des Hafeninhaltes hervor. Alle diese Vortheile würden verloren gehen, wenn man den Arsenik dem Satze gleich beim Einlegen zumengen wollte.

So weit verbreitet auch die Benutzung der arsenigen Säure in den Glashütten ist, so wollen doch einige gewiegte Glashüttenmänner dieselbe wenig loben, indem sie die Beobachtung gemacht haben, daß das Glas dadurch leicht, besonders wenn nach zeitweiligem Kaltschüren die Temperatur wieder gesteigert wird, feine Bläschen bekommt, die selbst durch langdauerndes Schmelzen nicht ganz wegzuschaffen sind.

In der neueren Zeit endlich sind zwei Entfärbungsmittel in Aufnahme gekommen, deren Wirksamkeit indessen noch nicht genügend aufgeklärt ist, nämlich Zinkoxyd und Nickeloxyd. Ersteres wird besonders bei Sodagläsern angewendet, die selbst dann, wenn sie aus den reinsten, eisenfreiesten Materialien bereitet sind, auf den Schnitt, also durch eine größere Dicke des Glases, betrachtet, eine grüne Färbung zeigen. Es soll dieselben fast vollständig farblos machen und dient außerdem als ein sehr gutes Flußmittel. Man scheint hierauf durch eine Erfahrung der Porzellanmalerei gekommen zu sein, wo das Zinkoxyd, ohne auf die Farben irgendwie verändernd einzuwirken, denselben doch einen wärmeren Ton, ein glänzenderes Lüstre verleiht. Die angewendete Menge ist nicht unbedeutend, was der niedrige Preis des sogenannten Zinkweißes ohne Bedenken erlaubt. Noch unerklärlicher ist die Wirkung des Nickeloxyduls, das in der Verbindung mit Kohlensäure und in der geringen Menge von etwa 1 Loth per Hafen in der neueren Zeit vielfältig angewendet wird. So wenig sich auch eine haltbare Erklärung dieser Erscheinung auffinden läßt, so steht dessenungeachtet fest, daß selbst ziemlich grüne Gläser durch diese kleine Quantität entfärbt werden, dafür aber freilich, besonders in dickeren Massen, einen etwas düsteren Ton annehmen. Bei einzelnen Glassorten, wie z. B. bei dem halbweißen Medicinglase belieben die Consumenten einen schwach blauen Stich, den man leicht durch einen geringen Zusatz von Kobaltoxyd oder Smalte erreicht.

Eine sehr wesentliche Rolle in den verschiedenen Glassätzen spielen end-

lich noch die verschiedenen Sorten von Bruchglas.*) Es begreift sich leicht, daß von einem Material, welches sich wie das Glas nur unmerklich abnutzt, daneben aber dem Zerbrechen so sehr ausgesetzt ist, bei sorgfältig organisirter Aufsammlung nur geringe Mengen verloren gehen können, und daß daher die Glashütten streng genommen nur die Umformung zu übernehmen haben. Manche chemische Fabriken können sich nur deshalb der Glasgefäße zu vielen ihrer Operationen bedienen, weil sie mit Glashütten in Verbindung stehen, welche ihnen die Brocken, die durch das Zerschlagen der Gefäße nach einmaligem Gebrauch entstehen, abnehmen und dafür mit geringem Aufschlag neue Gefäße liefern. Es tritt dabei indessen der Umstand ein, daß bei jedesmaligem Umschmelzen ein Theil des Alkalis verloren geht und durch neues ersetzt werden muß.

Außerdem nimmt das Glas aus den Häfen ꝛc. so viel Unreinigkeiten auf, die Glasbrocken werden beim Gebrauche selbst so verunreinigt, daß, wenn wir eine Classification der Gläser nach ihrer Güte und Reinheit vornehmen, die Glasbrocken bei jedem Umschmelzen eine Stufe niedriger zu stehen kommen. Spiegelglasbrocken liefern weißes Hohlglas; die Brocken davon nur halbweißes Glas ꝛc. bis endlich Alles der Flaschenfabrikation anheimfällt. Ein ganz ähnliches Herabsteigen in der Güte ist bei den Fabrikationsabfällen, beim sogenannten Heerd- und Pfeifenglase zu berücksichtigen, und es stellt sich demnach die Regel heraus, daß zum besten Glase nur frisches Material genommen wird, während zu den folgenden Sorten dagegen Glasbrocken mit einem Zuschlag von Alkali und andern Flußmitteln verschmolzen werden. Den unvermeidlichen Ausfall muß man durch frischen Satz ersetzen. Die eingelieferten Brocken werden sortirt, alsdann ausgeglüht und gesiebt, um Staub, Sand und organische Verunreinigungen zu entfernen.

Bei besseren Gläsern erscheint ein systematisches Waschen vortheilhafter und muß man dann nur durch reinliche Aufbewahrungsgefäße dafür Sorge tragen, daß die feuchten Brocken nicht von Neuem verunreinigt werden. Bei dem Sortiren hüte man sich besonders vor dem Uebersehen von kleinen Guß- oder Schmiedeeisenstückchen. Erstere durchbohren bei längerem Ver-

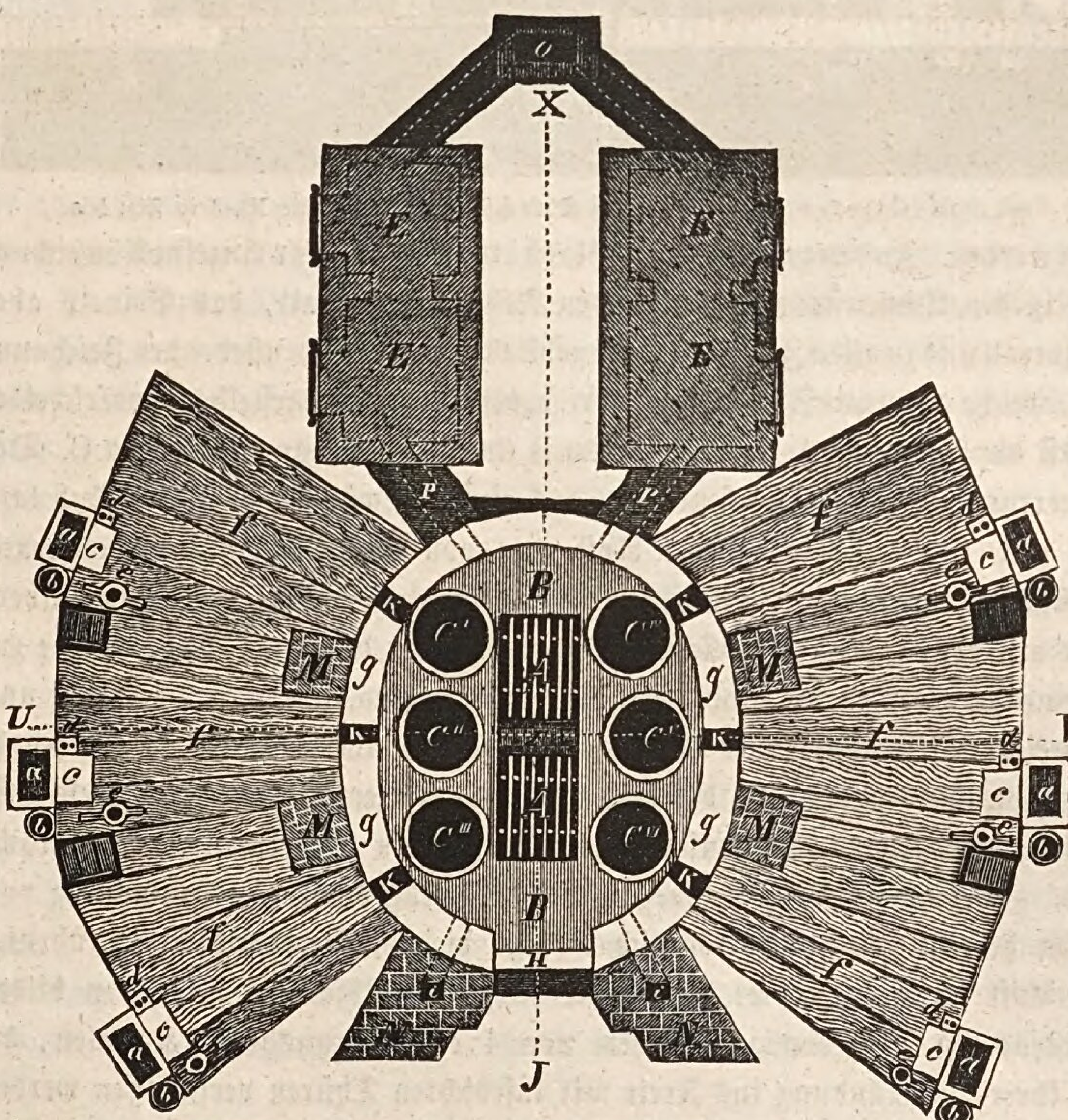
*) Es würde eine interessante national-ökonomische Arbeit sein, den Handelskreislauf der verschiedenen Materialien, wie Eisen, Glas, Faserstoffe, vom fertigen Product zum Abfall und wieder zurück, einer genaueren Betrachtung zu unterziehen. Als anecdotischen Beitrag dazu will ich folgendes Curiosum anführen. Die Zollverhältnisse zwischen Deutschland und England machen es möglich, in England äußerst dicke, roh geformte Gefäße anzufertigen, diese zu zerschlagen, und als Glasbrocken nach Deutschland einzuführen, wo sie auf den Saarbrücker Hütten verschmolzen werden.

weilen im Hafen die Wände desselben unausbleiblich; die anderen bewirken eine sehr unangenehme Blasenentwicklung im schmelzenden Glase.

Die zum Schmelzen angewendeten Oefen sind schon seit ältesten Zeiten durchgängig nach dem Princip eines stehenden Flammofens construirt.

Eine directe Berührung des Brennmaterials mit der Beschickung, wie im Cupolofen, ebenso die Anwendung eines liegenden Flammofens erscheint aus verschiedenen Gründen unthunlich und so wird denn alles Glas, selbst die geringsten Sorten desselben in sogenannten Häfen eingeschmolzen, die durch die Flamme von Holz oder Steinkohle in den sogleich zu beschreibenden Oefen er-

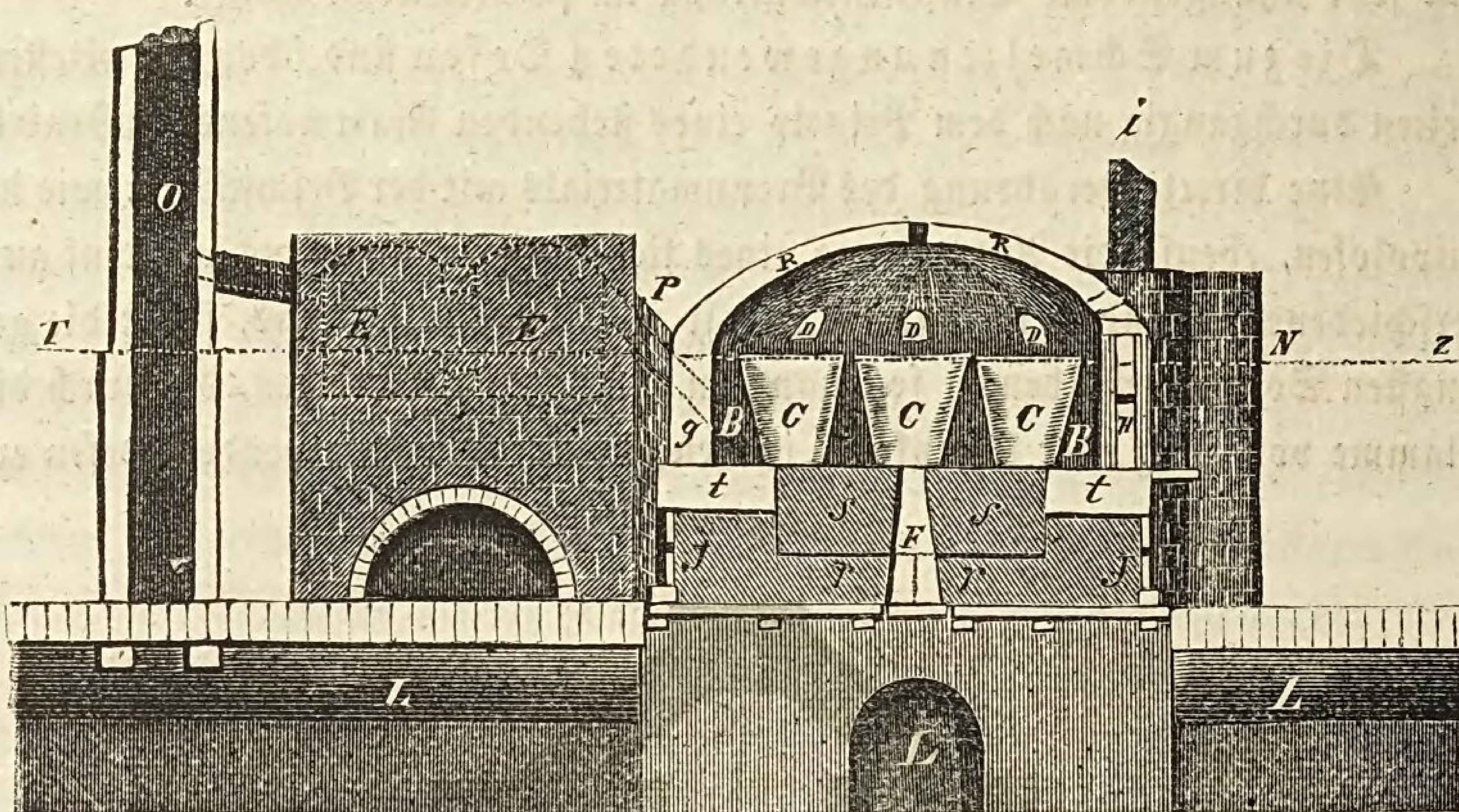
Fig. 56 a.



Glasschmelzofen im horizontalen Grundriß in der Höhe der Hafenränder. s. Fig. 56 b Linie T Z.

A Pipe mit Rost und Zwischenschied F. B Bänke. C'—C VI Häfen. GG Seitenwände. KK Oeffnungen zum Losbrechen der Häfen, H Hafenthor mit vorgelegter Eisenplatte. EE' Fritt- und Ausglühöfen. O große, i i kleine Essen. MM Seitenpfeiler, NN Eckpfeiler. PP Füchse zu den Nebenöfen. a Wasserkasten, b Eimer für Glasabfälle, c Sandsteinplatte, welche Marbel genannt wird, e Formen, fff Arbeitsplätze.

Fig. 56 b.



Glasschmelzofen im senkrechten Durchschnitt nach Linie X—J in Fig. 56a.

hitzt werden. In den verschiedenen Glashütten finden zwar einzelne Abweichungen in den Dimensionen und anderen Nebendingen statt, das Princip aber ist überall und zu allen Zeiten dasselbe geblieben. In den obenstehenden Zeichnungen, welche einen mit Steinkohlen betriebenen Glasofen darstellen, unterscheidet zuerst die Feuerung A, den Heizraum B und die sogenannten Häfen C. Der Feuerraum besteht im Wesentlichen aus einem gewöhnlichen 6—7 Fuß langen und $1\frac{1}{2}$—2 Fuß breiten Rost, der von vierkantigen schmiedeeisernen Roststäben gebildet ist, die auf gußeisernen eingemauerten Trägern ruhen. Die auf diesem Roste entwickelte Flamme schlägt durch die Seitenwände zusammengehalten in die Höhe, erfüllt den Heizraum, umspielt die Häfen und entweicht theils durch die Arbeitsöffnungen D, theils in die Nebenöfen E und von dort endlich in die Esse O. Als Gegengewicht gegen diese Esse dienen zwei kleine Schornsteine ii, die in den Stirnpfeilern angebracht sind. Nur aushülfsweise indessen wird der Zug durch die Anwendung von Essen hervorgebracht; gewöhnlich erfolgt die nöthige energische Zuführung der Luft durch die unter dem Roste liegenden Röschen. Dieselben bilden meistens ein kreuzförmiges System von 4 etwa mannshohen Kanälen, die an ihrer Ausmündung ins Freie mit luftdichten Thüren verschlossen werden können, so daß nur derjenige Kanal offen bleibt, auf welchen der gerade herrschende Wind stößt.

Es ist dies also eine Art natürliches Gebläse, und es folgt aus diesem System, daß die Glashütte möglichst frei, vielleicht auf einem kleinen Hügel, anzulegen ist. Daß trotz dieser immer unvollkommenen Etablirung des

Zuges doch eine so lebhafte Verbrennung im Glasofen stattfindet, erhält seine Erklärung dadurch, daß beim Schmelzen des Glases, eine so hohe Temperatur auch dazu nöthig ist, wahrscheinlich nur eine geringe Menge Wärme latent wird, viel weniger als z. B. beim Verdampfen von Wasser, beim Destilliren von Zink, bei der Darstellung von Leuchtgas gebunden wird. Eine Andeutung dieser Röschen findet sich in Fig. 56b, Buchst. L. Die senkrechten Wände der Feuerung, die sogenannten Bänke, bilden zusammen die Pipe; sie müssen aus besonders feuerfestem Material construirt sein, wozu sich am besten ein weißer Sandstein mit rein kieseligem Bindemittel eignet. Die Zusammensetzung der Bänke aus je 8 Steinen wird andeutungsweise aus Fig. 56b entnommen werden können (s. Buchst. rr, s, tt.).

Der Rost liegt in gleicher Höhe mit der Hüttensohle und wird von den beiden schmalen Seiten aus beschickt. Er ist häufig, besonders bei größerer Länge des Ofens durch einen sogenannten Zwischenschied F halbirt, der aus einem nach oben keilförmig verlaufenden Sandstein besteht und auf einen gemauerten Bogen oder eine starke Schiene aufgesetzt wird *).

Die Eintragöffnungen JJ für das Brennmaterial werden möglichst klein gehalten, damit während des Schürens nur wenig kalte Luft eindringen kann. Vielleicht wäre es zweckmäßig, die Roste etwas nach dem Zwischenschied zu sich neigen zu lassen und dann die Schüröffnung durch einen Füllkasten zu ersetzen. Als Feuerthüre dient stets eine Thonplatte, da Eisen zu rasch verbrennen würde.

Der Heizraum B ist begrenzt durch die Bänke, auf welchen die Häfen stehen, ferner durch die etwa zwei Fuß hohen Seitenwände GG und durch ein möglichst flach darüber gespanntes Gewölbe RR. Der Grundriß dieses Heizraums ist entweder kreisförmig oder oval, oder endlich in der Form eines Oblongs, dessen Längseite zur schmalen Seite etwa in dem Verhältniß 5 : 3 steht und das in den Ecken abgerundet ist. Die Längsöfen haben den Vortheil, daß in ihnen der Platz für die Häfen möglichst gut ausgenützt wird, während dagegen die runden Oefen bei denen die Arbeitsplätze sich nach außen radienförmig erweitern, ein weit bequemeres Arbeiten gestatten. Am zweckmäßigsten erscheint das Einschlagen eines Mittelwegs,

*) Der Zweck dieses Zwischenschiedes besteht einmal darin, die Anwendung kürzerer Roststäbe zu ermöglichen, die sich nicht so leicht verziehen, ferner dem Ofen mehr Halt in sich selber zu verleihen und endlich den Raum in der Mitte auszufüllen, wo doch keine Häfen placirt werden können. Er schmilzt gewöhnlich zuerst weg und wird dann nach Möglichkeit durch Auflegen von Chamottesteinen reparirt.

wie es die Zeichnung darstellt. An einer der schmalen Seiten, unmittelbar über der Feuerthür befindet sich das Einfahrtsthor für die Häfen H, das für gewöhnlich mit einer einzigen großen Thonplatte versetzt ist. An den Längsseiten sind in dem Gewölbe die Arbeitsöffnungen D ausgespart, die zum Eintragen des Satzes, zum Herausnehmen des Glases und zum Wiederanwärmen der geformten Gegenstände dienen; ihre Zahl entspricht der der Häfen.

Unmittelbar unter denselben, in der geraden Seitenwand und in der Höhe der Bänke, befinden sich schlitzförmige, für gewöhnlich geschlossene Oeffnungen KK, durch welche man zu den Häfen gelangen kann, um dieselben nöthigenfalls ausbessern, wenden und losbrechen zu können.

Die Construction des Gewölbes erfordert besondere Sorgfalt und sehr gutes Material, das indessen hier nur aus feuerfestem Thon bestehen kann, dann einerseits das Behauen der erwähnten feuerfesten Sandsteine zu schwierig, andererseits die Last zu bedeutend sein würde.

Nur selten wird man schon gebrannte Thonsteine anwenden, da diese sich keinenfalls ohne ziemlich große Fugen zu einem derartigen Gewölbe verbinden lassen.

Viel häufiger werden besonders geformte Steine angewendet, die zugleich mit den Häfen gefertigt werden. Sie erhalten gleich die passende Form, werden nur lufttrocken gemacht und dann durch Thonschlicker*), der mit feinem Pulver von gebranntem Thon versetzt ist, mit einander verbunden. Die nach dieser Methode construirten Oefen zeigen zwar geringe Fugen, reißen aber durch die starke Schwindung beim Anheizen leicht und müssen dann durch Einpassen von Ziegeln und festen Thonklumpen ausgebessert werden.

Die zeitraubendste, aber beste Methode ist wohl die, das ganze Gewölbe aus feuchten Thonballen zusammenzusetzen und dieselben durch Verstreichen und Schlagen so zu verbinden, daß der fertige Ofen aus einem Stücke zu bestehen scheint. Natürlich muß das Auflegen über einem Brettergerüste geschehen und das Trocknen sehr vorsichtig vorgenommen werden. Man bedeckt ihn daher anfangs mit Tüchern und vereinigt die entstehenden Risse durch wiederholtes Schlagen. Sollte der Thon dazu schon zu weit abgetrocknet sein, so kann man das Weiterschreiten solcher Risse durch das Abbohren derselben verhindern. Auf diese Weise werden z. B. die englischen Glasöfen construirt, welche 2—3jährige Campagnen aushalten, während die Dauer der deutschen Glasöfen selten 7—8 Monate übersteigt. Es ist freilich hierbei zu berücksichtigen, daß in England meistens das leicht-

*) Kalkmörtel ist natürlich absolut zu verwerfen, da er mit dem Thon ein schmelzbares Glas bilden würde.

flüssige Bleiglas und zwar in verdeckten Häfen verschmolzen wird, und daß daher einmal die Temperatur eine niedrigere ist, außerdem aber auch das Angreifen der Ofenwände durch das aus der Beschickung sich verflüchtigende Alkali vermieden wird.

Zweckmäßig ist auch wohl eine Verbindung der zweiten und dritten Methode in der Art, daß man die Ofenwände bis zu den Arbeitsöffnungen aus geformten, lufttrockenen oder schwach gebrannten Steinen aufbaut und erst die Kuppel aus feuchten Thonballen construirt. Da dies womöglich in einem Tage vollendet sein muß, so werden alle Glasbläser dazu zusammengerufen, und bildet dieses Gewölbeschlagen gewöhnlich einen Theil ihres Contracts.

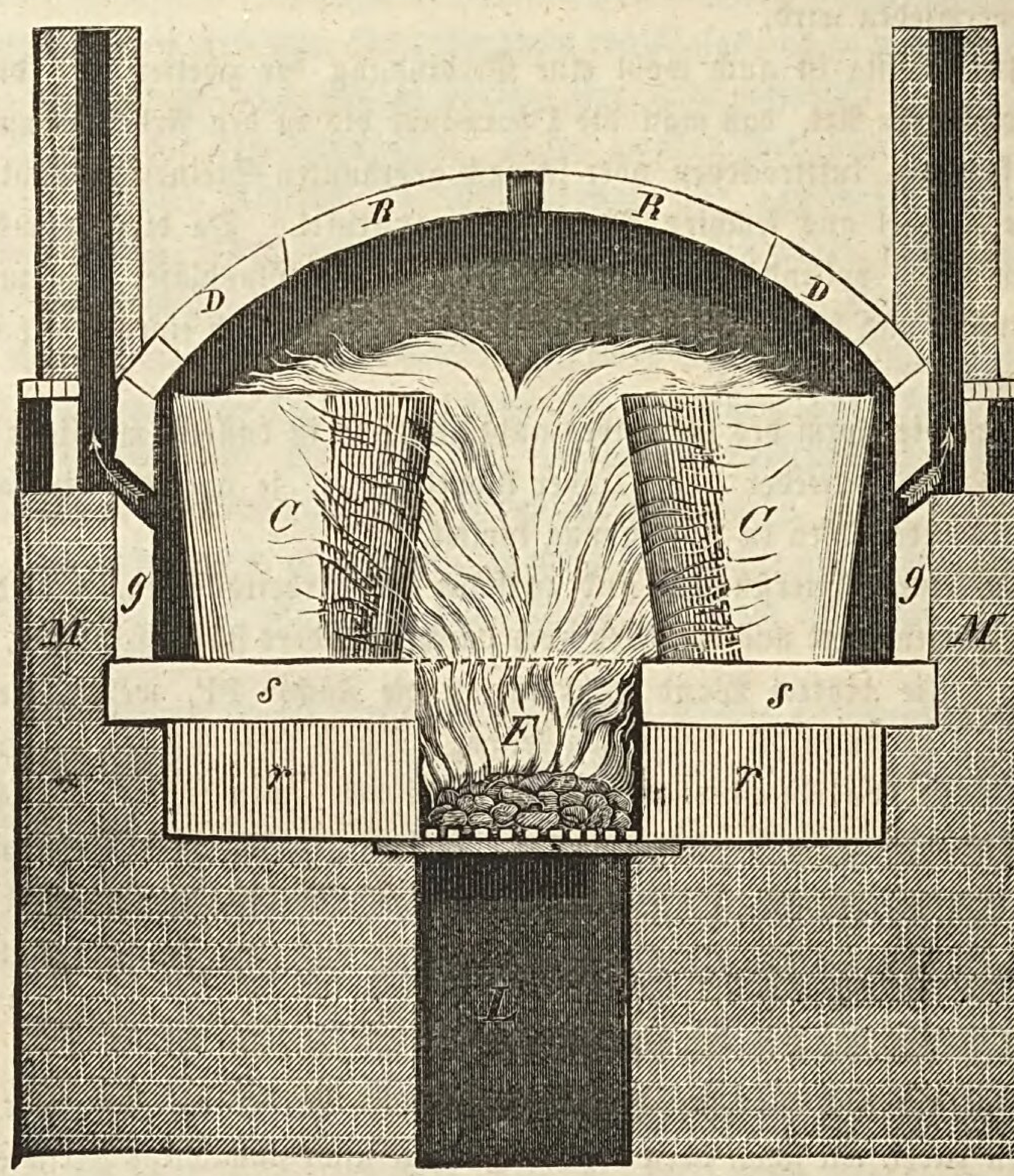
Was die Form des Gewölbes anbelangt, so ist dasselbe möglichst flach zu halten und entweder bogen- oder kuppelförmig, je nachdem ein langer oder ein runder Ofen in Anwendung kommt.

Zu seiner Unterstützung sind zwischen den Arbeitsöffnungen niedrige Pfeiler aufgemauert und die Ecken noch durch besonders starke Eckpfeiler, NN, gestützt. Die hintere Wand stützt sich an die Füchse PP, welche die abziehende Flamme in die Nebenöfen leiten. Durch diese Pfeiler werden die Arbeitsplätze von einander geschieden. Zwischen ihnen sind in der Höhe der Arbeitsöffnungen Sandsteinplatten eingelassen, welche zum Auflegen der abgesprengten Flaschen ꝛc. dienen, in den Zeichnungen indessen nicht angegeben werden konnten. Derselbe Fall findet statt bei den eingekerbten Eisenstangen, welche zum Auflegen der Pfeiler dienen und seitwärts von den Arbeitsöffnungen in senkrechter Stellung eingemauert sind.

Was die Ableitung der Flammen aus dem Heizraume anbelangt, so herrschen dabei, wie schon oben erwähnt, einige nicht unwichtige Verschiedenheiten. Entweder schlägt die Flamme frei aus allen Arbeitsöffnungen, unmittelbar über die offenen Häfen hinweg, heraus, oder es wird ein Theil derselben in Nebenöfen oder durch Zuglöcher in der Decke abgeführt. In England, wo, wie gesagt, wegen der Steinkohlenfeuerung fast ausschließlich Haubenhäfen (s. u.) angewendet werden, findet sich folgende, wie er mir scheint, ganz zweckmäßige Einrichtung (Fig. 56 c). Die Pfeiler M, welche das Gewölbe stützen, sind etwa noch 3 Fuß über dasselbe hinaufgeführt und bilden kleine Essen, die etwa in der halben Höhe der Häfen mit dem Innern des Ofens communiciren. Ein zweiter Zugang zu diesen Essen, von außen, erlaubt durch theilweises oder völliges Oeffnen und Schließen den Zug sehr bequem zu reguliren. Die aus der Pipe aufsteigende Flamme ist dadurch gezwungen, die Häfen möglichst vollständig zu umspülen und dadurch von

allen Seiten gleichmäßig zu erhitzen. Wo diese Einrichtung nicht existirt, habe ich es jedenfalls zweckmäßig befunden, bei Haubenhäfen die Oeffnung,

Fig. 56 c.



Glasschmelzofen im senkrechten Durchschnitt nach Linie U V Fig. 56 a, zugleich mit Anbringung der englischen Pfeilerschornsteine.

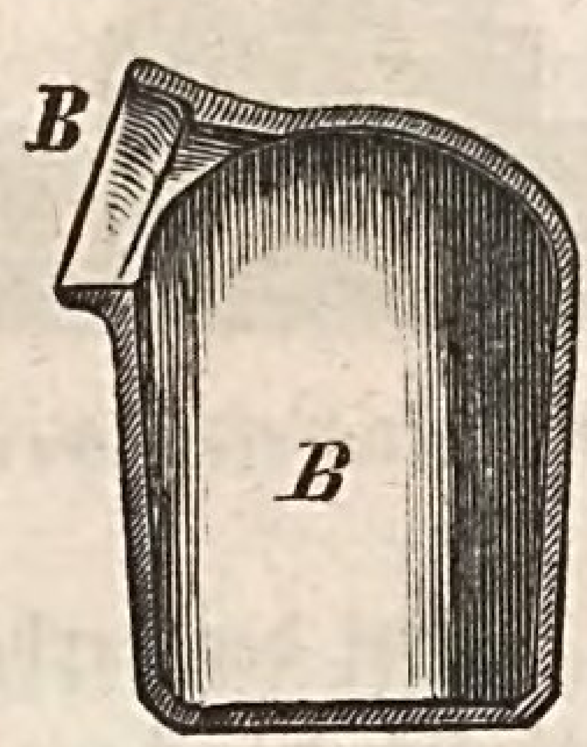
aus welcher die Haube heraustritt, nicht ganz zu verschließen, damit ein Theil der Flamme dorthin gezogen wird. Ein bedeckter Hafen für Weißglas, der mit in einen Flaschenglasofen eingesetzt war und bis dahin nur unreines blasiges Glas geliefert hatte, erzeugte durch diese einfache Abänderung ein vollständig blankes und blasenfreies Glas.

Die Häfen. Es sind dies die großen Schmelztiegel, in welchen das Glas geschmolzen wird. Bedenkt man, daß dieselben 3—4 Ctr. Glas fassen sollen, daß sie Temperaturen ausgesetzt sind, die zwischen 1200° C. und 2000° C. wechseln, daß sie endlich die mannigfaltigsten Angriffe durch die Asche des Brennmaterials von außen, durch den Glassatz von innen

auszuhalten haben, so begreift man, daß nur durch eine sehr vorsichtige Auswahl des Materials und eine sehr sorgfältige Bearbeitung es möglich ist, derartige Häfen darzustellen, die länger als 4—6 Wochen aushalten. Das dazu verwendete Material ist feuerfester Thon, der gewöhnlich mit etwa gleichen Theilen fein gepochter Hafenscherben oder besonders gebranntem Thon versetzt wird. Die aus dem Ofen genommenen schadhaften Häfen werden mit der Hand zerschlagen und von anhaftendem Glase sorgfältig gereinigt. Diese Masse ist so fest gebrannt, so daß sie am Stahle Funken giebt und natürlich keiner Schwindung mehr fähig. Der frische Thon muß hinreichend plastisch sein, damit die Tiegel nicht zu porös werden. Auch ist aus diesem Grunde das allzu grobe Chamottemehl *) zu verwerfen. Die Engländer, welche in ihren Steinkohlenflötzen sehr plastische feuerfeste Thone besitzen, sind dadurch vorzugsweise begünstigt. Wenn man die Wahl hat zwischen einem an Kieselsäure und einem an Thonerde reichen feuerfesten Thon, so wähle man den letztern, indem derselbe von den alkalischen Salzen bei weitem weniger angegriffen wird. Die Form der Häfen ist die eines nach unten schwach conischen Cylinders.

Bei Steinkohlenfeuerung sind für die feineren Glassorten die Haubenhäfen eine Nothwendigkeit. Alsdann kommt auf den gewöhnlichen Hafen noch eine kurze und weite Haube zu stehen, so daß dadurch etwa die Form einer Retorte mit sehr kurzem und weitem Halse entsteht (s. Fig. 57). Es ist von Wichtigkeit, den Winkel C zu berechnen, damit der Glasbläser mit der Pfeife bequem bis auf den Boden langen kann, um den letzten Rest des Glases zu verarbeiten. Auf dem Scheitel der Haube befindet sich eine Oeffnung B mit Deckel, den man nach dem Schmelzen entfernt, um die Glasgalle sich verflüchtigen zu lassen. Die Häfen sind oft statt vollständig rund schwach oval, was den Vortheil hat, den Raum auf den Bänken besser benutzen zu können. Ihre Dimensionen sind etwa 27—30 Zoll Höhe und eben so viel oberer Durchmesser. Was schließlich die Anfertigung betrifft, so wird zuerst der rohe Thon getrocknet, gepocht und gesiebt, dann das Chamottenmehl zugegeben und gut untergemengt und endlich die Masse angefeuchtet, durch Treten und Schlagen homogen und dicht gemacht und dann am besten mehrere Monate lang aufbewahrt. Die eigentliche For-

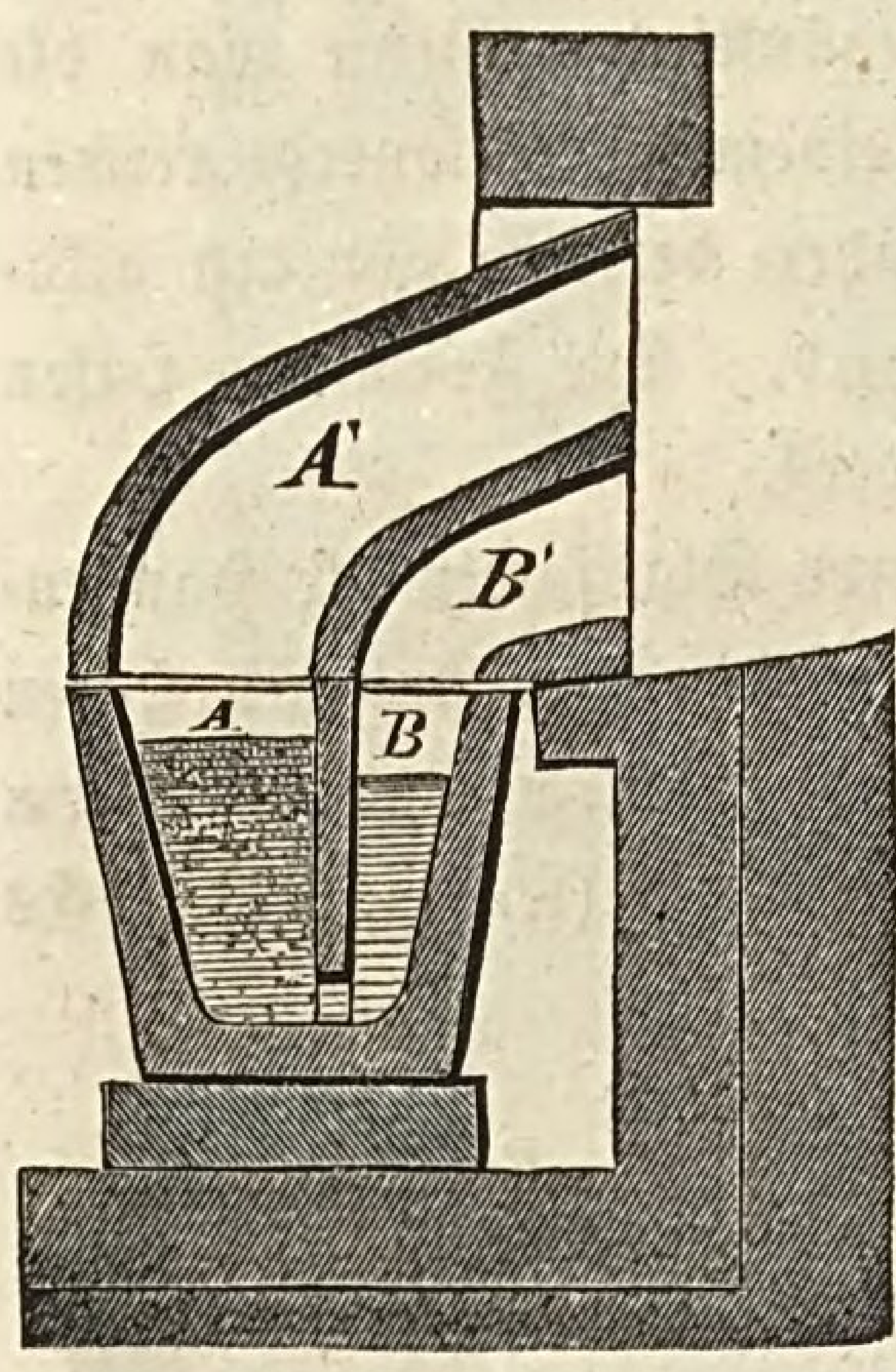
Fig. 57.



*) Chamotte heißt in der Töpfersprache der gebrannte und gestoßene feuerfeste Thon.

mung geschieht in hölzernen aus Dauben zusammengesetzten Formen, die mit feuchter Leinwand ausgekleidet und auf gesonderte hölzerne Scheiben aufgesetzt sind. Hierein werden vorbereitete Thonwülste eingedrückt und durch kräftiges Schlagen vereinigt. Die Haube wird ganz auf dieselbe Weise, indessen aus freier Hand aufgesetzt und gut verstrichen. Man nimmt dann nach einigen Tagen die Form ab und läßt sehr langsam trocknen, indem man schließlich die Temperatur der Trockenstube bis auf etwa 30° C. steigert. Es ist gut, wenn man immer wenigstens auf ein halbes Jahr Häfen im Vorrath arbeitet und zum Ersatz der unbrauchbar gewordenen Häfen nur die ältesten Nummern verwendet. Für Weißglas soll die nebenstehende, etwas complicirte Form (Fig. 58) gute Dienste leisten. Durch die Oeffnung A wird der Glassatz eingetragen, schmilzt an dieser dem heftigsten Feuer ausgesetzten Seite leicht ein und dringt unter der Scheidewand durch in die Abtheilung B, wo er ganz geläutert aufsteigt und durch den Arbeiter continuirlich verblasen werden kann.

Fig. 58.



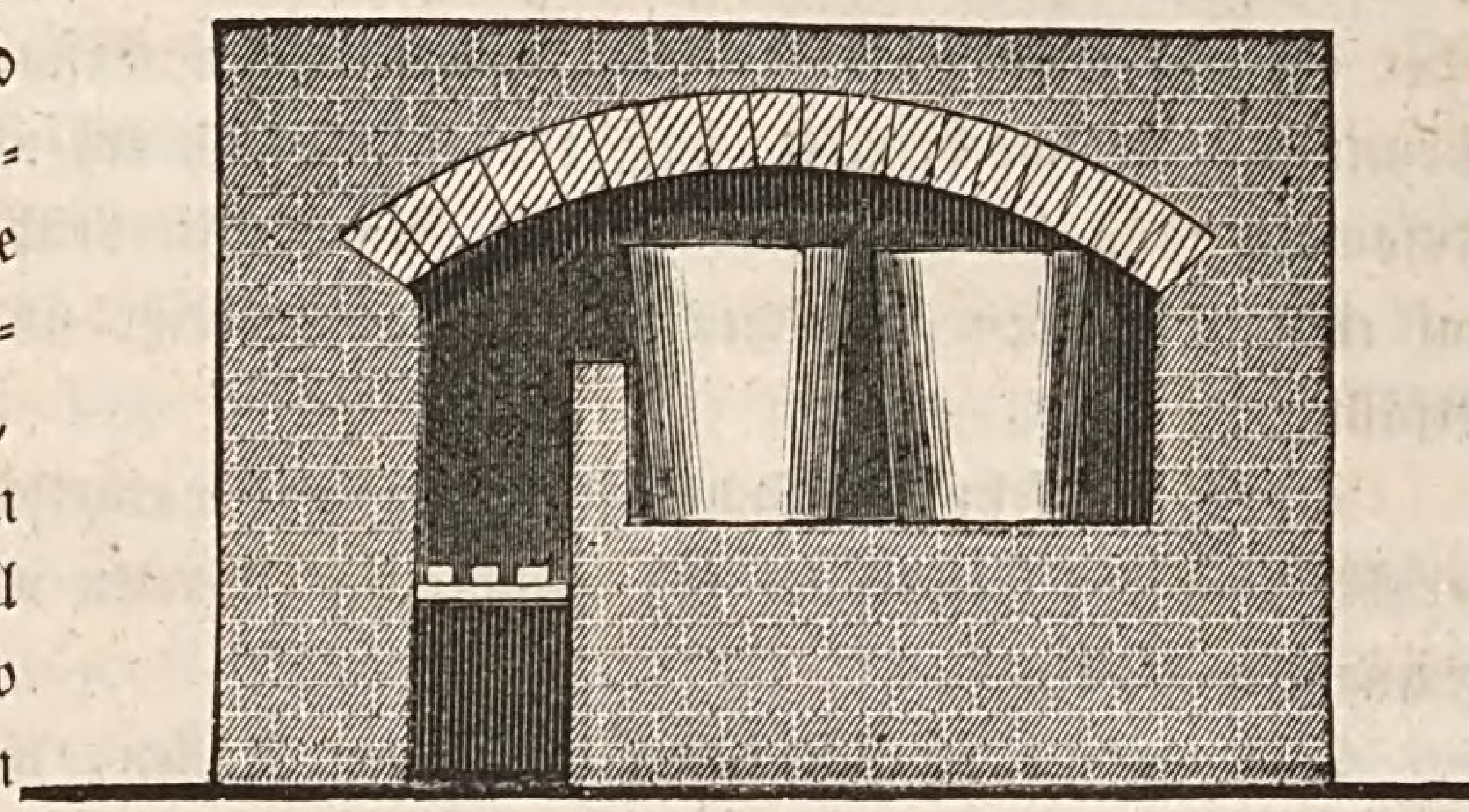
Modificirter Haubenhafen.

Beiläufig verdienen noch die Thonringe Erwähnung, die man auf dem geschmolzenen Glase schwimmen läßt, um dadurch eine kleinere Fläche zu begränzen, die man durch Abnehmen der Unreinigkeiten leicht blank erhalten kann und die dem Arbeiter zum Eintauchen der Pfeife dient. Die in der Spiegelglasfabrikation üblichen Wannen sollen an der entsprechenden Stelle nachgetragen werden.

Bei der verhältnißmäßig geringen Dauer der Häfen müssen dieselben natürlich häufig ausgewechselt werden. Auch nach der sorgfältigsten Austrocknung würden sie unfehlbar springen, wenn man sie direct in den weißglühenden Ofenraum einsetzen wollte. Es sind daher besondere Oefen, sogenannte Temperöfen vorhanden, in welchen man die Häfen vor dem Einsetzen durch allmälige Steigerung des Feuers zur Rothgluth anwärmt. (s. Fig. 59.)

1. Es bilden diese Temperöfen zu diesem Ende einen backofenförmigen Raum, an dessen einer Längsseite sich eine schmale Feuerung befindet, die durch eine etwa 1 Fuß hohe Feuerbrücke vom Ofen selbst geschieden ist. An der Vorderseite befindet sich die sehr geräumige Einfahrtsöffnung zum

Fig. 59.



Temperofen.

Einsetzen und Herausnehmen der Häfen. Dieselbe wird während des Temperns durch eine thönerne Platte verschlossen gehalten, welche ringsum am Rande etwa 4 Zoll Spielraum läßt, so daß die von dem tiefer liegenden Roste aufsteigende Flamme durch diese Oeffnungen entweichen kann. Es ist diese Einrichtung keineswegs auf eine möglichst vollkommene Verbrennung und auf Erzeugung hoher Temperaturen berechnet, sie giebt aber, indem die heißen Gase vom Gewölbe sich herabzusenken gezwungen sind, eine möglichst gleichmäßige Erwärmung, was für den zu erreichenden Zweck absolut nothwendig ist. Sind etwa nach 36 Stunden die neuen Häfen rothglühend geworden, so werden sie ohne weitern Zeitverlust auf Bretter *) gesetzt und durch das oben erwähnte Hafenthor in den Ofen eingefahren. Die unbrauchbar gewordenen Häfen werden, wenn es nicht anders geht, mit Stangen zerschlagen und in die Feuerung gestoßen, aus der sie durch Herausziehen der Roststangen entfernt werden. Zum Transport der Häfen soll man sich in Frankreich einer eigenthümlichen, in Rädern laufenden Zange bedienen, deren Schenkel den Hafen umfassen und so lang sind, daß man ihn bequem im Ofen absetzen kann.

Mit diesen Temperöfen sind wir in das Gebiet der Nebenöfen getreten, die bei einer Glashütte ebenso unentbehrlich sind, wie der Glasofen selbst.

Dahin gehören demnach noch:

2. Die Kühlöfen. Wie die allbekannten Glasthränen und Bologneser Flaschen beweisen, besitzt das rasch abgekühlte Glas eine außerordentliche Sprödigkeit, die sich am einfachsten aus folgender Betrachtung erklärt. Die zuerst erstarrende Oberfläche schließt, indem sie fest wird, einen

*) Man schiebt unter diese Bretter Stangen durch und schützt die dieselben haltenden Arbeiter vor der strahlenden Wärme durch Vorhalten von Blenden. Ein Vorarbeiter dirigirt das freie Ende des Bretts.

Kern von flüssigem Glase ein, dessen Volumen ein bedeutend größeres ist, als wenn dasselbe erst vollständig erstarrt wäre. Es entsteht dadurch in jeder der auf einander folgenden, concentrischen Erstarrungsschichten eine Spannung, welche bewirkt, daß, sobald man an irgend einem Punkte den Zusammenhang durch Abbrechen oder Ritzen unterbricht, die ganze Masse auf einmal sich dem herrschenden Zwange entreißt und häufig in Staub zerfällt.

Durch ein sehr langsames Abkühlen wird natürlich in allen Schichten der Moment des Erstarrens fast gleichzeitig eintreten und diese Spannung demnach wegfallen.

Wie verhält es sich indessen in den Fällen, wo man einen rasch erstarrten Glaskörper durch langsames Wiedererwärmen und darauf folgendes langsames Abkühlen die Sprödigkeit benimmt, ohne daß doch das Glas den festen Aggregatzustand einen Augenblick verliert.

Ich nenne hier z. B. die Methode, wo man schlecht gekühlte Glasgefäße, in Heu gepackt, in Wasser setzt, dasselbe alsdann zum Kochen erhitzt und wieder langsam abkühlen läßt, ein Proceß, der in Laboratorien zu diesem Zwecke häufig mit Erfolg angewendet wird.

Soll man hier eine sogenannte Molecularbewegung annehmen, zu der man auch in anderen Fällen, so z. B. beim Undurchsichtigwerden der durch Schmelzen erhaltenen Schwefelkristalle oder beim Sprödewerden des sehnigen Stabeisens seine Zuflucht genommen hat?

Ist es denkbar, daß das Glas, welches vom Zustande der Dünnflüssigkeit bis zum Zähewerden bei der Rothgluth alle möglichen Zwischenstadien der Consistenz durchläuft, auch schon bei der Siedetemperatur einen solchen unmerklichen Grad der Zähigkeit angenommen hat, bei dem die kleine Verschiebung der einzelnen Theilchen, die zum Aufheben der erwähnten Spannung nöthig ist, stattfinden kann?

Wie dem auch sei, so werden mit wenigen Ausnahmen, (wie z. B. dünne Röhren), alle Glaswaaren langsam gekühlt. Am meisten üblich sind die einfachen, backofenförmigen Kühlöfen, die von einer an der Seite angebrachten Feuerung aus zur dunklen Rothgluth gebracht werden. Ist diese Temperatur erreicht, was mit dem Anfangen des Blasens zusammenfallen muß, so werden die fertigen, noch rothwarmen Gegenstände auf die flache Sohle des Ofens gelegt und mit Gabeln geordnet. Zweckmäßig ist es, das Gewölbe nicht zu hoch zu machen, damit nicht zu viel Ofenraum unnütz geheizt werden muß. Je nach der Art der Gegenstände, welche in überwiegender Menge angefertigt werden, sind die Dimensionen der Kühlöfen

etwas verschieden. Sehr groß müssen sie z. B. für die Schwefelsäureballons sein, die natürlich auch eine passende, weite Eintragsthüre verlangen. Für Spiegelglas muß dieselbe sehr breit, aber nicht sehr hoch sein, also mehr die Form eines Schlitzes haben, durch welchen die gegossenen Tafeln in den Ofen geschoben werden. Der Kühlofen für Fensterglas wird mit dem Streckofen (s. d.) unmittelbar verbunden; die Glasscheiben werden in demselben auf die hohe Kante gestellt und die einzelnen Stöße durch eingeschobene Eisenstangen von einander getrennt.

Sobald ein Ofen voll ist, werden alle Oeffnungen sorgfältig verschlossen und erst nach vollständiger Abkühlung geöffnet und entleert. Die Gegenstände zeigen sich dann meistens mit einem schwachen Anflug versehen, der von der Asche der Feuerung herrührt und sich durch Abwaschen leicht beseitigen läßt.

In der neueren Zeit sind die sogenannten Kühlkanäle sehr beliebt geworden. Diese sind, wie schon der Name andeutet, niedrige gewölbte Kanäle von etwa 3 Fuß Breite und 20—30, ja 40 Fuß Länge. Am Boden derselben befinden sich zwei Eisenschienen, auf denen niedrige eisenblecherne Wagen mit kleinen Rädern laufen, die durch Ketten mit einander verbunden sind. Dieselben sind, um das Anhaften zu vermeiden, mit feinem Sande bestreut.

Strömt nun an der einen Seite dieses Kanals die verloren gehende Flamme des Glasofens oder die heiße Luft einer besondern Feuerung ein, um am andern Ende durch eine kleine Esse zu entweichen, so wird die Temperatur im Kanale sehr gleichmäßig und allmälig abnehmen. Werden nunmehr die fertigen, noch heißen Waaren durch eine Seitenöffnung auf die der Feuerung zunächst stehenden Wagen gelegt, sobald ein Wagen voll ist, der ganze Train durch eine Winde 2c. um einen Wagen weiter gezogen und statt dessen ein neuer leerer Wagen eingesetzt, so begreift sich leicht, daß die eben geblasenen Waaren nach etwa 12—16 Stunden vollkommen abgekühlt am andern Ende des Kühlkanals ankommen, dort herausgezogen und ins Magazin geschafft werden können.

Die entleerten Wagen kehren durch einen ähnlichen Kanal, der unterirdisch unter dem zur Kühlung bestimmten verläuft, nach dem Ausgangspunkte zurück.

3. Ausbrennofen, Frittofen. Die zu dem Glassatz angewendeten Materialien enthalten, so rein sie auch sonst sein mögen, immer Wasser und organische Substanzen. Ersteres würde beim unmittelbaren Eintragen in die Häfen ein zu lebhaftes Aufschäumen verursachen, auch wohl die Temperatur darin zu sehr herabdrücken, letztere würden sich verkohlen, und

da diese rückständige Kohle, von Glas umschlossen, nicht verbrennen kann, so würde sie sich im Glase auflösen und demselben eine dunkelgelbe, fast braune Färbung ertheilen, die nur schwierig durch Oxydationsmittel zu beseitigen wäre. Diese organischen Substanzen sind auch der Grund von schwer zu beseitigenden Blasen. *)

Diese Zwecke lassen sich vortheilhaft mit einer anfangenden Verglasung, dem sogenannten Fritten der Masse, vereinigen. Wenn, wie es auf vielen Hütten üblich ist, verhältnißmäßig wenig Brocken und dafür mehr frischer Satz eingeschmolzen wird, so leiden Häfen und Oefen besonders durch das unverbundene, theilweise sich verflüchtigende Alkali. Man hilft dem dadurch ab, daß man zuerst die Brocken einlegt, dann erst den sorgfältig gemengten Satz zugiebt und wiederum mit Glasbrocken bedeckt. Diese schmelzen mit den Alkalien zu leicht flüssigem Glase zusammen, das nun die Kieselsäure u. s. w. aufnimmt. Besser ist es indessen, wenn schon im Frittofen der größte Antheil der Alkalien durch die Kieselsäure gebunden ist, indem dadurch zugleich die Blasenbildung im Glase wesentlich vermieden wird.

Bei Anwendung von Kochsalz ist ein Fritten in unmittelbarer Berührung mit der Flamme fast nicht zu umgehen, weil die Zerlegung des Chlornatriums durch Kieselsäure nur unter Mitwirkung des Wasserdampfes stattfindet. Das Ausglühen und Fritten wird gewöhnlich durch einen Theil der abziehenden Flamme des Glasofens bewirkt (s. Fig. 56 a u. b).

Vielleicht wäre es zweckmäßiger, auch für Fritten und Ausbrennen eine besondere Flammenfeuerung einzurichten, da die möglichst gleichmäßige Vertheilung der Hitze im Glasofen mehr Brennstoff ersparen dürfte, als die Feuerung eines solchen abgesonderten Ofens kosten würde. **)

Arbeitsutensilien. Die Besucher einer Glashütte bewundern am meisten die ungemein geringe Anzahl und die Einfachheit der Instrumente, mit

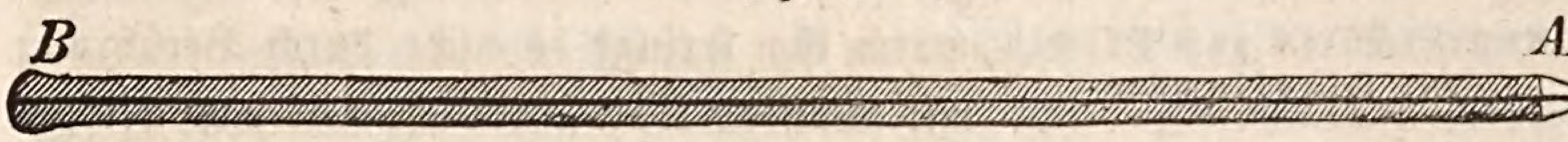
---

*) Diese Blasen zwangen mich beinahe, den Zusatz eines durch organische Substanzen blau gefärbten Thones zu grünem Flaschenglase aufzugeben und statt dessen einen viel schwerer schmelzenden weißen Chamottenthon anzuwenden. Bei braunen Gläsern, wo Braunstein und Eisenoxyd zugefügt wurde, trat die Erscheinung nicht ein. Endlich gelang es mir, diesen Uebelstand dadurch total zu beseitigen, daß ich den gestampften Thon für sich ausglühen ließ, wodurch alle organischen Substanzen beseitigt wurden.

**) Zum Ende der Campagne, wenn der Glasofen durch Ausfressen der Wände zum eigentlichen Glasschmelzen untauglich geworden ist, wird in den Häfen nur Fritte geschmolzen, die durch Eingießen in Wasser abgeschreckt und später statt Glasbrocken angewendet wird.

welchen der Glasbläser so unendlich verschiedene Formen verfertigt. Es ist dies ein ähnlicher Fall, wie in der Töpferei. Was für den Töpfer die Drehscheibe, das ist für den Glasmacher die Pfeife. Dies ist ein etwa 4 Fuß langes, schmiedeeisernes Rohr, das an seinem untern Ende B kolbenförmig ausläuft und am andern Ende ein geglättetes Mundstück A besitzt. (s. Fig. 60.) Der lichte Durchmesser beträgt etwa $1/4$ Zoll, der äußere

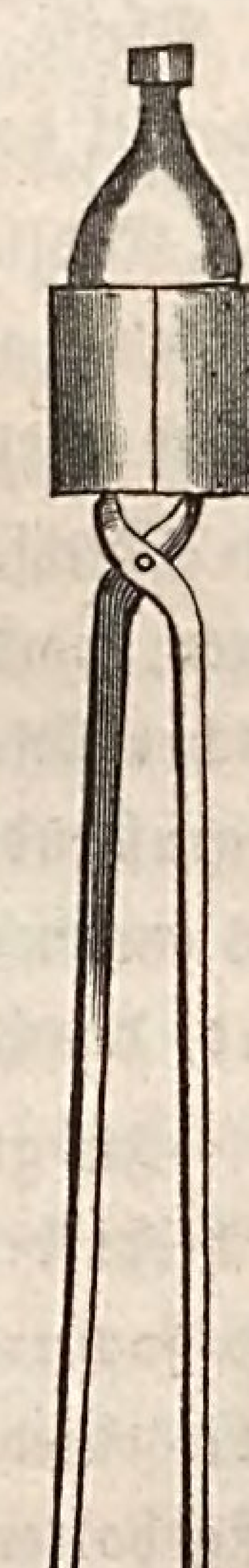
Fig. 60.



Glasmacherpfeife.

durchschnittlich $1/2$ bis $3/4$ Zoll. Mit dieser Pfeife, die etwa noch in der oberen Hälfte einen hölzernen Handgriff hat, um das Anfassen zu erleichtern, holt der Arbeiter das Glas aus dem Hafen, indem er dieselbe unter langsamer Drehung von links nach rechts schräg nach unten geneigt in das Glas einführt und, wenn er genug Glas befestigt zu haben meint, durch Niederdrücken des vorderen Endes aus dem Hafen wieder herausholt. Er wiederholt diese Operation nach Bedürfniß, indem er vorher den herausgenommenen Glasklumpen etwas abrundet und aufbläst, bis er genügend Glas angesammelt hat. Nun schreitet er zum Aufblasen und bildet dadurch kugelförmige Gestalten, die durch Schwenken in die Länge gezogen werden, durch Aufschlagen sich platt drücken ꝛc. ꝛc. Sehr wesentlich ist bei allen diesen Operationen ein beständiges Drehen der Pfeife, damit das Glas durch den von unten aufsteigenden Luftstrom nicht ungleichmäßig erkaltet.

Fig. 61.

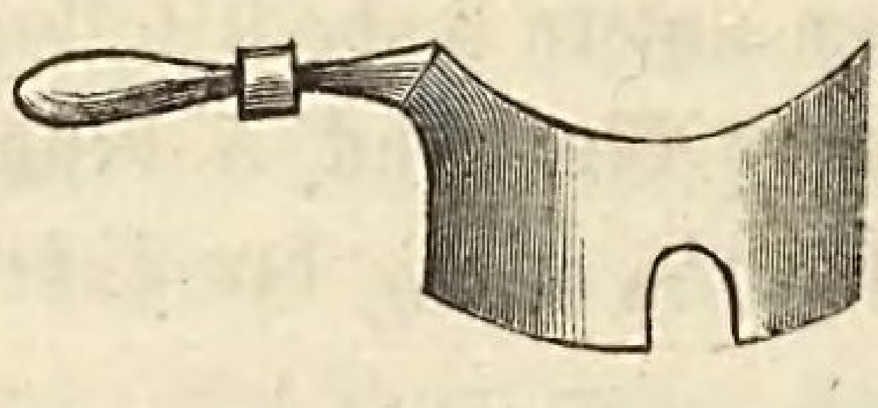


Flaschenzange.

Die Nabeleisen sind einfache, etwa fingerstarke Eisenstäbe von 3 — 4 Fuß Länge; sie dienen zum Anheften der von der Pfeife abgesprengten Gegenstände, wenn der scharfe Rand, der dadurch entstanden, verschmolzen werden soll. Die Spitze des Nabeleisens wird mit einem Tropfen Glas versehen und an die passende Stelle angehalten, wo dann der Gegenstand augenblicklich festklebt. Es dient auch zum Transport der geblasenen Gegenstände nach dem Kühlofen; beim Abschlagen bleibt dann aber immer ein störender Nabelfleck. In neuerer Zeit hat man es bei vielen Gegenständen durch Zangen zu ersetzen gesucht, die nach Art mancher Obstbrecher construirt sind, wie beistehende Figur zeigt. (Fig. 61.)

Der Marbel ist eine eben geschliffene Sandsteinplatte und dient, um den Glasklumpen durch Walzen auf demselben eine längliche Form zu geben. Andere, besonders runde Formen der Glasklumpen werden in halbkugelförmigen, ausgehöhlten Holzstücken erhalten, die, um das Verbrennen zu vermeiden, beständig naß gehalten werden. So lange das Glas rothwarm ist, springt es nicht durch Berührung mit Wasser, wahrscheinlich weil das Leidenfrost'sche Phänomen eintritt. Das bogenförmig ausgeschnittene Blech, das Fig. 62 zeigt, dient zum Abstreichen der Glasmasse von der Pfeife bestimmt ist. Hierdurch wird die Anlage zu einem kurzen Halse gegeben. Fig. 62.

Fig. 62.



Abstreichblech zum Formen der Glasklumpen.

Der Scheere bedient man sich, um Formen, wie z. B. einen Trichter zu erhalten. Es wird dann eine Kugel geblasen, in den der Pfeife entgegengesetzten Theil ein Loch gestoßen und mit der Scheere erweitert. Heißes Glas schneidet sich mit großer Leichtigkeit, fast wie sehr reines Blei.

Die Zange ähnelt einer Feuerzange und dient zum Ausbiegen der Ränder, zum Runden von Oeffnungen u. s. w. Der Arbeiter rollt alsdann die Pfeife auf seinen Oberschenkel und faßt die Glaswände zwischen die Schenkel der Zange. Dieselben sind meistens mit Holzstäbchen armirt.

Endlich bedient man sich noch zur Erleichterung des Formens verschiedener aus Holz, Thon, Messing gebildeter Formen, die nach Bedürfniß einfach oder zwei- und mehrtheilig sind.

Die façonirten Gegenstände, soweit sie nicht dem Schleifproceß unterliegen, werden fast immer, wenn sie hohl sind, durch kräftiges Einblasen des weichen Glases in eine entsprechende metallene Form erhalten. Nur solche Gegenstände, wie Teller, Salzfäßchen rc., die flach und massiv sind, werden aus einem Klumpen weichen Glases, der auf einer Messingform ausgebreitet wird, durch das Aufdrücken eines Oberstempels gefertigt.

In großer Ausdehnung wird das Absprengen angewendet; dasselbe geschieht bei eben erkaltetem, noch nicht gekühltem Glase besonders leicht und sauber, indem man auf die Stellen, wo ein Sprung erzeugt werden soll, einen Tropfen kalten Wassers fallen läßt oder die Kante eines naßgehaltenen Eisens mehrmals darüber hinführt, gleichsam als ob man das Glas absägen wollte, worauf dann meistens ein sehr glatter, reiner Sprung erfolgt. Ist das Glas dagegen gekühlt, so hilft man sich durch das plötzliche Wiedererwärmen mit einem heißen Eisen oder mittelst eines

umgelegten Glasfadens, oder man entfernt auch wohl das überflüssige Glas durch Abzwicken mit einer starken, stumpfen Scheere oder Abschleifen auf einem Sandstein. Sprengkohle, Feile ꝛc. werden fast nie angewendet. Die Benutzung des Diamants gehört mehr den Glasern, als den Glasmachern an.

Zum Auflegen der Pfeifen dienen die schon oben erwähnten eingemauerten Halter mit zackenförmigen Einschnitten, die das Höher- oder Tieferlegen der Pfeifen beim Anwärmen gestatten. Sie ermöglichen das continuirliche Drehen der Pfeifen mit einer Hand, so daß der Arbeiter die andere zum Umlegen eines Glasfadens ꝛc. frei hat. Zu ähnlichen Zwecken befindet sich auf dem Arbeitsplatze ein oben gabelförmig getheiltes Eisen. Vor dem Arbeitsplatze ist ein Trog aufgestellt, in welchen alle Arbeitsabfälle, die mißglückten Gegenstände, die abgesprengten Theile ꝛc. geworfen werden. Außerdem ist ein kleiner Trog mit Wasser seitwärts bequem zur Hand angebracht, der zum Kühlen der Pfeife, zum Netzen des Abstricheisens ꝛc. dient (s. Fig. 56 a, Buchst. a b c.).

Ehe wir näher auf Erzeugung der einzelnen Glassorten eingehen, dürfte es nothwendig sein, den ganzen Arbeitsgang am Glasofen summarisch zu beschreiben. Nachdem er, wie oben angeführt, fertig gebaut, wird er sehr langsam angefeuert, wozu man geringeres Brennmaterial, wie Braunkohle und Torf verwenden kann. Man construirt zu diesem Ende vor der Feuerthür selbst eine provisorische Feuerungsanlage, auf welcher man mit diesen Brennstoffen ein schwaches Feuer unterhält. Nachdem man während der ersten 6—8 Tage das Feuer bei Nacht ausgesetzt hat, beginnt dann das continuirliche Nachlegen, mit dem man unter allmäliger Verstärkung bis zum Ofenroste selbst vorrückt. Der provisorische Vorbau wird dann entfernt und mit dem bessern Brennstoffe der Ofen endlich in volle Gluth gebracht. Zum eigentlichen Schmelzen ist nur Holz oder Steinkohle verwendbar. Das Holz ist ursprünglich allein zum Glasschmelzen angewendet worden und es eignet sich dazu am allerbesten, wenigstens so lange sein Preis nicht zu unverhältnißmäßig hoch ist. Da das wohlgetrocknete Holz sehr wenig Rauch und Flugasche giebt, dieselbe auch dem Glase keinerlei Nachtheile bringen kann, so kann man sich selbst zu den feinsten Glassorten der unbedeckten Häfen bedienen. Das Holz muß wenig Kohle lassen und eine lange, heiße Flamme geben; man wendet daher vorzugsweise leichtes harziges Holz, am besten Wurzelstöcke an, spaltet dasselbe mäßig fein und trocknet es auf Gerüsten, die oberhalb des Glasofens angebracht sind, oder in einer besondern Darrkammer sorgfältig aus.

Wo Steinkohlen billig zu haben sind, bieten sie ein fast ebenso gutes Brennmaterial; nur müssen die Häfen dann wegen der Flugasche, für feinere Glassorten wenigstens, geschlossen sein. Man wähle nicht zu stark backende Kohlen, die indessen doch eine lange Flamme liefern und nicht allzu aschenreich sind. Am besten sind natürlich grobe Stückkohlen, doch reicht man auch mit groben Würfeln aus, während Klein untauglich ist, da es die Roste verstopft oder in zu großer Menge durchfällt. Ist nun der Ofen in Betrieb gesetzt, so wird die Arbeit folgendermaßen vertheilt: Nachdem der Rost gereinigt, werden erst die Brocken, dann der Glassatz in die Häfen gegeben und eingeschmolzen. Damit die Masse den Hafen nicht zu sehr erkältet und zu einem festen Klumpen zusammensintert, der alsdann kaum zu schmelzen ist, muß das Eintragen nur nach und nach geschehen. Gewöhnlich legt man die Schmelzpost auf 3 bis 4 Mal ein. Ist der Eintrag erfolgt, so wird durch regelmäßiges starkes Feuer die Masse möglichst dünnflüssig gemacht, damit die Gasblasen entweichen. Die unverbundenen alkalischen Salze steigen als Glasgalle auf die Oberfläche, von wo sie durch Abschöpfen entfernt werden. Ein nicht unbedeutender Theil derselben verflüchtigt sich. Das Läutern wird durch das sogenannte Pohlen beendet, indem man ein Stück feuchten Holzes, ein Stück Rübe oder irgend eine andere stark wasserhaltige Substanz an ein gebogenes Eisen befestigt und bis auf den Boden des Hafens niederdrückt. Es entsteht ein sehr heftiges Aufwallen von großen Wasserdampfblasen, endlich von Destillationsproducten der organischen Körper, die an der Oberfläche mit blendend weißem Lichte verbrennen. Diese Manipulation soll besonders dazu dienen, die verschieden schweren Schichten des Glases unter einander zu bringen, um so die Schlieren und Wellen zu vermeiden, die ihren Grund in ungleicher Dichtheit und demnach in ungleicher Lichtbrechungsfähigkeit haben. Häufig erscheint das scheinbar völlig geläuterte Glas nach dem Rühren wieder feinblasig. Alsdann ist die Läuterung nur an der Oberfläche vollständig gewesen und die unteren blasenreichen Theile tragen bei ihrer Vertheilung durch die Masse die Schuld. Man muß in diesem Falle wieder einige Zeit läutern lassen und dann erst das Pohlen wiederholen. Bis zu dieser Zeit hat der Ofen in der größtmöglichen Temperatur gehalten werden müssen, um das Glas möglichst dünnflüssig zu machen. Man nennt diese Periode die des Heißschürens. Jetzt folgt das Kaltschüren, ein Sinkenlassen der Temperatur, wodurch das Glas den zur Verarbeitung passenden Grad von Zähigkeit erlangt. Wird mit Holz gefeuert, so wählt man zu diesem Ende grob gespaltenes hartes Holz, wie Buche &c.; bei

Steinkohlen feuert man langsamer, füllt auch wohl beim Anfange der Arbeit den ganzen Rost und Pipe mit Kohlen voll, die man festschlägt und die nun während der ganzen Arbeitszeit vorhalten müssen. Hat das Glas die gehörige Zähigkeit erreicht, so beginnt das Verarbeiten, das gewöhnlich so lange dauert, bis der Hafen geleert ist. In einigen Hütten, besonders in England, ist es üblich, am Sonnabend frischen Satz einzulegen, während des Sonntags zu schmelzen und am Montag etwa ein Drittel des Hafens auszuarbeiten. Dies wird dann mit Brocken ergänzt und sobald diese eingeschmolzen und geläutert, weitergearbeitet.

Die Zeit der Läuterung und Verarbeitung ist verschieden. Ein Steinkohlenofen im besten Gange, den ich selbst gebaut und geleitet habe, brauchte zum Einschmelzen der sehr strengflüssigen Flaschenglasbeschickung etwa 10—12 Stunden, zum Läutern 4—6, zum Verarbeiten 10—12 Stunden, im Ganzen also zwischen 24—30 Stunden, so daß in einer Woche 5—6 Schmelzen gemacht werden konnten. Im Sommer, wo wegen der höhern Temperatur der äußern Luft und wegen des großen Wassergehaltes derselben der Zug und die Temperatur im Ofen immer geringer ist, dauert die Schmelz- und Läuterungsperiode etwas länger, als im Winter.

Die Fehler des Glases lassen sich in folgende Klassen theilen:

1) Unvollständige Auflösung der Materialien, Knötchen. Diese treten bei nicht gehörig leichtflüssigem Satze, bei zu groben Körnchen der Sandbeimischung auf und bewirken dann leicht das Springen der Waare bei Temperaturwechsel. Man vermeidet sie durch feineres Pulvern und innigeres Mischen des Glassatzes, durch stärkern Alkalizusatz und schärfere und länger dauernde Erhitzung. Durch dieselben Mittel werden auch die etwa vorkommenden Blasen beseitigt, falls sie nicht, wie schon angeführt, im unvollständigen Ausbrennen ihren Grund haben, und dem entsprechende Abhülfsmittel verlangen.

2) Unvollständige Mengung der Glasschichten von verschiedener specifischer Schwere. Besonders bei stark bleihaltigem Glase zu befürchten. Die besonders bleireichen Schichten sinken zu Boden und bleiben dort um so eher liegen, als gerade der untere Theil des Hafens bedeutend kälter ist. Dieser Uebelstand läßt sich durch sorgfältiges Pohlen und Umrühren wenigstens zum größten Theil beseitigen. Die verschiedene Lichtbrechung bewirkt, daß das Glas als ein Gemenge von durchsichtigen Fäden erscheint.

3) Ein weiterer Fehler sind die sogenannten Rampen. Es sind dies auf der Oberfläche der geformten Glassachen aufliegende Fäden, die von Tropfen herrühren, die vom Ofengewölbe in den Hafen

fallen und sich durch die verflüchtigten Alkalien bilden. Da hierdurch ein sehr schwerflüssiges Thonerdeglas entsteht, so schmilzt es nicht vollständig ein, sondern zieht sich als ein Faden senkrecht durch die Glasmasse, der dann beim Herausnehmen an irgend einem Ballen hängen bleibt und darauf nach der Verarbeitung als Rampe erscheint. Man kann diesen Fehler durch zweckmäßige Construction des Gewölbes vermeiden, wozu nur nöthig ist, daß die Kante, welche durch Einschneiden des Arbeitsloches entsteht und von der die Tropfen meist herabfallen, etwas außerhalb des Hafens zu liegen kommt.

4) Partielle Entglasung. Diese zeigt sich in dem Wolkigwerden des Glases und ist besonders beim Verarbeiten nachtheilig, indem so verändertes Glas seine Formbarkeit rasch einbüßt. Sie kommt meistens bei kalkreichem und alkaliarmem Satze vor.

5) Der letzte und schlimmste Fehler ist eine zu leichte Zersetzbarkeit, die sich im Beschlagen des Glases mit Wasser, in dem Matt- und Trübewerden manifestirt und von zu großem Ueberschuß an Kalk und Alkalien herrührt. Dies sind alles Fehler, die bei einem richtig gemengten und geschmolzenen Glassatze nicht eintreten können und nicht eintreten dürfen.

Speciellere Verarbeitung der verschiedenen Glassorten. 1) das Flaschenglas wird meistens aus sehr unreinen Materialien geschmolzen. Wie schon oben erwähnt, wird dieses Thonerdekalkkaliglas aus eisenhaltigem Sand, Mergel, Lehm, Basalt und Schlacken zusammengeschmolzen. In reichlicher Menge stehen gewöhnlich Brocken zu Gebote und einzelne Hütten verarbeiten dieselben fast ausschließlich unter Zusatz von Kochsalz, Glaubersalz, ausgelaugter Holzasche und anderen wohlfeilen Alkalien. Sehr begünstigt sind einzelne Hütten an den französischen Küsten, die in dem dort gewonnenen Meerschlamm ein Material besitzen, das Thon, kohlensauren Kalk und Kochsalz nahezu in dem passenden Verhältnisse enthält. Die Färbung der braunen Flaschen wird durch Zusatz von Braunstein und Eisenoxyd bewirkt, die nebenbei noch als Flußmittel dienen.

Ein in der Praxis bewährter Satz ist folgender:

Für einen Hafen Grünglas wendet man an:

40	Pfd.	Kalk,
45	=	Thon,
25	=	Sand,
12	=	Kochsalz,
2	=	Glaubersalz,
200	=	Brocken.

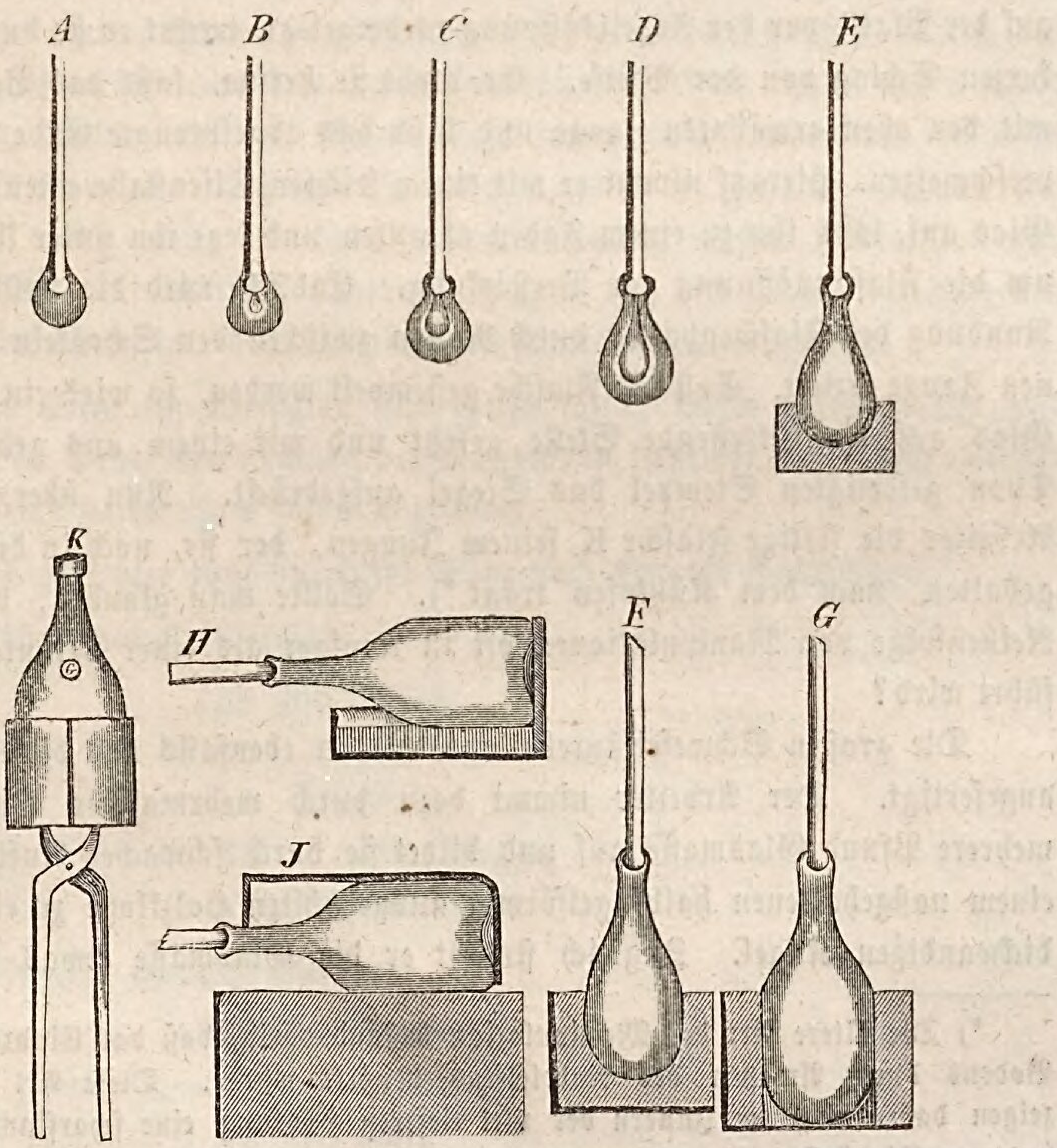
Für braunes Glas werden noch zugesetzt:

Schweißofenschlacke }
Braunstein } nach Bedürfniß der Färbung.

Ein Satz, in dem die 45 Pfd. Thon und 55 Pfd. Brocken durch 100 Pfd. Granitstaub ersetzt wurden, schmolz etwas leichter ein und lieferte ein schönes, blankes und leicht zu bearbeitendes Glas.

Die an und für sich dunkle Färbung des Glases erlaubt das Verschmelzen in offenen Häfen selbst bei Steinkohlenfeuerung, ja die unvermeidliche Schwerschmelzbarkeit macht es unumgänglich nöthig. Das eingeschmolzene und geläuterte Glas wird abgeschäumt und nun zur Verarbeitung geschritten. Um eine gewöhnliche Flasche zu formen (Fig. 63), taucht der Arbeiter zuerst die Pfeife auf die oben angeführte Weise in das Glas ein und bildet einen kleinen Ballen, A. Er läßt diesen etwas erkalten, indem er die Pfeife auf die Arbeitsbank legt und unter beständigem Drehen

Fig. 63.



Weinflaschenformung.

mit Wasser kühlt. Darauf wird zum zweiten Male eingetaucht und so ein Klumpen B erhalten, den man durch das Abstrichblech zurundet. Mit dem Ausschnitt desselben wird die Glasmasse von der Pfeife abgeschoben, so daß der Anfang des Halses entsteht, C. Nun wird der Ballen auf dem Marbel hin- und hergerollt, dabei etwas aufgeblasen und von Zeit zu Zeit gestaucht, D. Der Rest von Wärme wird benutzt, um ihn in einer halbkugelförmige Holzform zur Gestalt E und in einer zweiten etwas höheren zur Gestalt F zu bringen. Nun wird nochmals angewärmt, etwas geschwenkt, um den Hals zu verlängern und in der dritten zweitheiligen Form die Gestalt G gegeben. Kommt die Flasche hier heraus, so wird der Boden eingedrückt, die Flasche in eine horizontale Holzrinne gelegt, die mit einem Widerhalt an einem Ende versehen ist, H, und endlich der Boden noch durch sanftes Schlagen mit dem Absprengeisen gerichtet. Mit einem eisernen Maaße J, dessen eines Ende naß gehalten wird, schränkt der Arbeiter die Flasche von der Pfeife in der richtigen Länge ab und nachdem er sie auf der Platte vor der Arbeitsöffnung niedergelegt, trennt er sie durch einen kurzen Schlag von der Pfeife. Er dreht sie herum, faßt das Bodenende mit der oben erwähnten Zange und läßt das abgesprengte Ende im Ofen verschmelzen. Hierauf nimmt er mit einem leichten Eisenstabe einen Tropfen Glas auf, läßt ihn zu einem Faden ablaufen und legt ihn unter Umdrehen um die Flaschenöffnung zur Verstärkung. Endlich wird die vollkommene Rundung des Flaschenhalses durch Rollen zwischen den Schenkeln der kleinen Zange erzielt. Soll die Flasche gestempelt werden, so wird ein Tropfen Glas auf die betreffende Stelle gesetzt und mit einem aus gebranntem Thon gefertigten Stempel das Siegel aufgedrückt. Nun übergiebt der Arbeiter die fertige Flasche K seinem Jungen, der sie, noch in der Zange gehalten, nach dem Kühlofen trägt *). Sollte man glauben, daß diese Reihenfolge von Manipulationen oft in weniger als einer Minute ausgeführt wird?

Die großen Schwefelsäureballons werden ebenfalls aus diesem Glase angefertigt. Der Arbeiter nimmt dazu durch mehrmaliges Eintauchen mehrere Pfund Glasmasse auf und bildet sie durch schwaches Aufblasen in einem naßgehaltenen halbkugelförmig ausgehohlten Holzklotze zu einer sehr dickwandigen Kugel. Zugleich streicht er die Glasmasse etwas von der

---

*) Die ältere Art der Manipulation bestand darin, daß das Eindrücken des Bodens durch Ansetzen des Nabeleisens bewirkt wurde. Diese Art Flaschen zeigen daher auch im Innern der viel tieferen Höhlung eine scharfkantig abgesprengte Glasstelle.

Pfeife ab, um dadurch den Hals zu bilden. Nun wird durch mehrmaliges Anwärmen und scharfes Einblasen die große Kugel gebildet, die Vertiefung des Bodens eingedrückt, der Sprung im Halse hervorgebracht und endlich der Ballon an der Pfeife sitzend in den Kühlofen getragen, wo der Ballon auf die richtige Stelle gebracht und dort von der Pfeife abgeschlagen wird. Hiervon rührt der scharfkantige unregelmäßige Hals her, den diese Ballons gewöhnlich zeigen. Manche Wein- und Biersorten, z. B. der Steinwein, die Gose werden in flach gedrückte Flaschen gefüllt, die man erhält, indem man die fertigen und noch etwas weichen Flaschen langsam und lose auf den Marbel aufschlägt.

2) Das weiße und halbweiße Hohlglas. Aus diesem werden alle die mannigfaltigen Geräthe verfertigt, die, wie Gläser, Krüge, Karaffen u. s. w. zum häuslichen Gebrauche bestimmt sind. Dasselbe Glas findet auch zu chemischen Apparaten vorzugsweise Anwendung. Das halbweiße Glas unterscheidetsich durch eine schwachgrünliche Färbung von dem ersteren und wird nur zu geringeren Sorten von Glasgeräthen, zu Medicinflaschen, endlich als Fensterglas verarbeitet. Das sogenannte böhmische Glas nimmt wegen seiner Reinheit, Farblosigkeit und schönen Façonirung durch Formen und Schleifen den ersten Rang ein. Auch das Spiegelglas gehört der Zusammensetzung nach hierher. Trotz dieser analogen Zusammensetzung müssen Fensterglas und Spiegelglas, die in ihrer Bearbeitung ganz von dem sonst eingeschlagenen Wege abweichen, in einem besondern Abschnitte erwähnt werden.

Die Sätze für Weißglas sind theils kali-, theils natronhaltig, und nur in dem Grade der Reinheit der Materialien liegt der Unterschied zwischen weißem und halbweißem Glase begründet.

Ich gebe hier zunächst einige Sätze nach Knapps Technologie:

Böhmisches Kristallglas:

100	Pfd.	Sand,
60	„	gereinigte Pottasche
8	„	Kreide
40	„	Glasbrocken,
$^3/_4$	„	Braunstein.

Glas für chemische Geräthe:

100	Pfd.	Sand,
42	„	Pottasche,
18	„	Kalk.

Eine von mir als sehr gut erprobte Mischung bestand aus:

100	Pfd.	Sand,
65	„	Pottasche, calc.,
6	„	zerfallenem Kalk,
100	„	weißen Glasbrocken,
$\frac{1}{2}$	„	Braunstein.

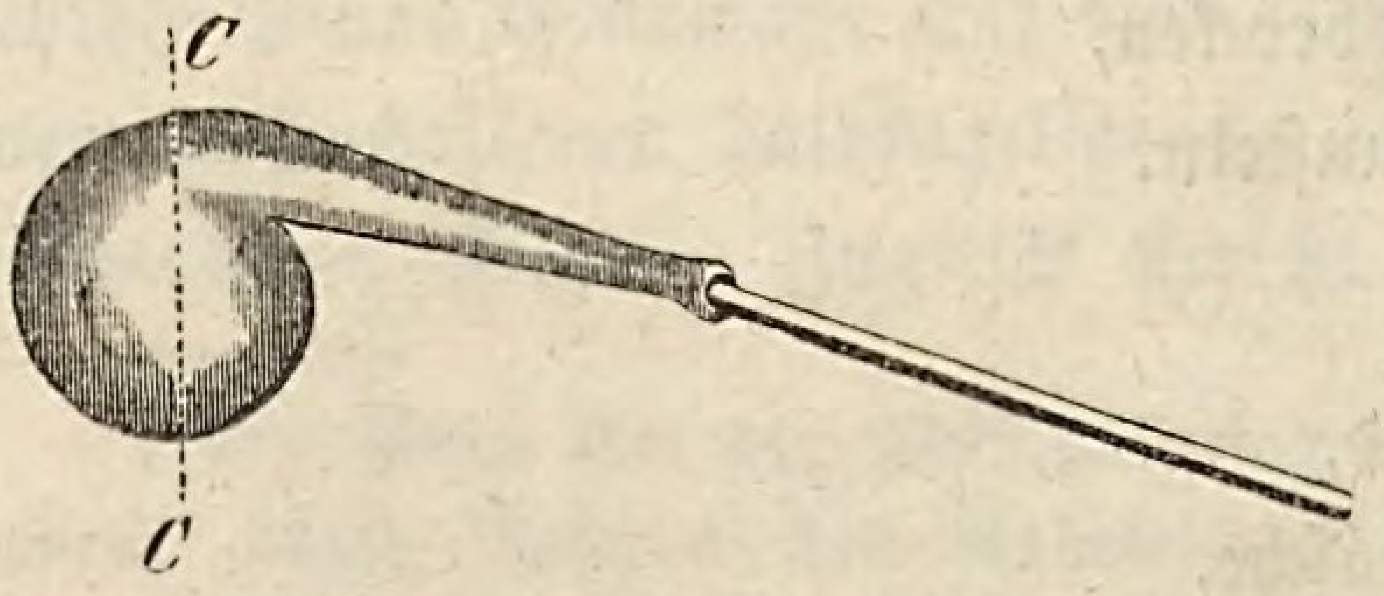
Halbweißes Glas zu Apothekerflaschen.

100	Pfd.	Sand,
30	„	Pottasche, rohe,
14	„	Kalk,
120	„	Asche,
$\frac{1}{4}$	„	Braunstein,

ad libitum Glasbrocken (besonders von Fensterglas).

Was nun wiederum die Manipulationen bei der Formung der verschiedenen Gefäße anbelangt, so sind sie natürlich so verschieden, wie diese selbst, lassen sich indessen auf die oben beschriebenen Ballonbildung, Abstreichen von der Pfeife, Verlängerung durch Schwenken, Einblasen in Formen, Aufschneiden und Behandeln mit der Zange zurückführen. Um nur einige der gewöhnlichen Geräthe zu erwähnen, so wird z. B. ein Kolben zu chemischen Zwecken einfach durch Ballenmachen, Abstreichen und abwechselndes Aufblasen und Schwenken erzeugt. Je länger und enger der Hals werden soll, desto mehr herrscht letztere Operation vor. Soll es ein sogenannter Stehkolben mit eingedrücktem Boden sein, so wird ganz auf dieselbe Weise verfahren, wie oben bei den Flaschen erwähnt ist. Da diese Kolben zum Kochen bestimmt sind, so ist es unthunlich, sie am Boden an das Nabeleisen anzuheften. Es ist daher nicht gut möglich, den abgesprengten Rand rund schmelzen zu lassen; man verstärkt ihn daher bei besseren Sorten durch einen umgelegten Glasfaden, worauf man durch Abschleifen die vom Absprengen herrührenden Unregelmäßigkeiten beseitigt. Für diejenigen Kolben der Art, die mit umgelegtem Rande versehen sind, sind besondere Zangen wie bei den Flaschen nöthig, natürlich für jede Dimension eine andere.

Fig. 64.



Formen einer Retorte.

Eine untubulirte Retorte wird anfangs ganz wie ein Kolben geblasen, dann aber, während das Glas noch weich ist, die Pfeife schräg aufwärts gehoben und in dieser Stellung ohne, zu drehen, kurze Zeit gehalten. (Fig. 64.)

Dadurch senkt sich der Bauch und nimmt vorstehende Figur an. Man muß während dieser Operation durch Einblasen einen gelinden Druck im Innern zu erhalten suchen, damit die Retorte in der Biegung nicht zu sehr einknickt. Für Nichtchemiker will ich bemerken, daß der höchste Punkt der Biegung schon außerhalb der Linie CC fallen muß, damit durch Ueberspritzen nichts in den Hals gelangt, was das Destillat verunreinigen würde.

Die tubulirten Retorten sind bedeutend schwieriger anzufertigen. Die einfachste Methode besteht darin, an dem Punkte, wo der Tubulus aufgesetzt werden soll (am besten möglichst in der Mitte des Retortengewölbes), das Glas durch Aufsetzen eines Tropfen möglichst heißen Glases zu erweichen und dann stark aufzublasen. Es bildet sich dadurch eine Spitze, die abgeschnitten und mit dem Schenkel der Zange rund gerichtet wird. Man verstärkt den Tubulus durch Umlegen eines Fadens oben und unten und schleift den vorstehenden Rand glatt. Auf ähnliche Weise werden auch die tubulirten Flaschen und Kolben erzeugt.

Glasröhren werden aus einer dickwandigen Kugel gebildet, die von der Pfeife abgestrichen und durch Schwenken etwas in die Länge gezogen wird. An dem der Pfeife gegenüberstehenden Punkte wird nun das Nabeleisen von dem Gehülfen angeheftet, und derselbe beginnt alsdann rückwärtsschreitend die Glasmasse auszuziehen. Der Glasbläser verhindert unterdessen durch gelindes Einblasen das Zusammenfallen der Wände und beide müssen endlich während des Ausziehens gleichmäßig nach derselben Seite drehen, indem sonst die Röhre einen ovalen Querschnitt bekommen würde.

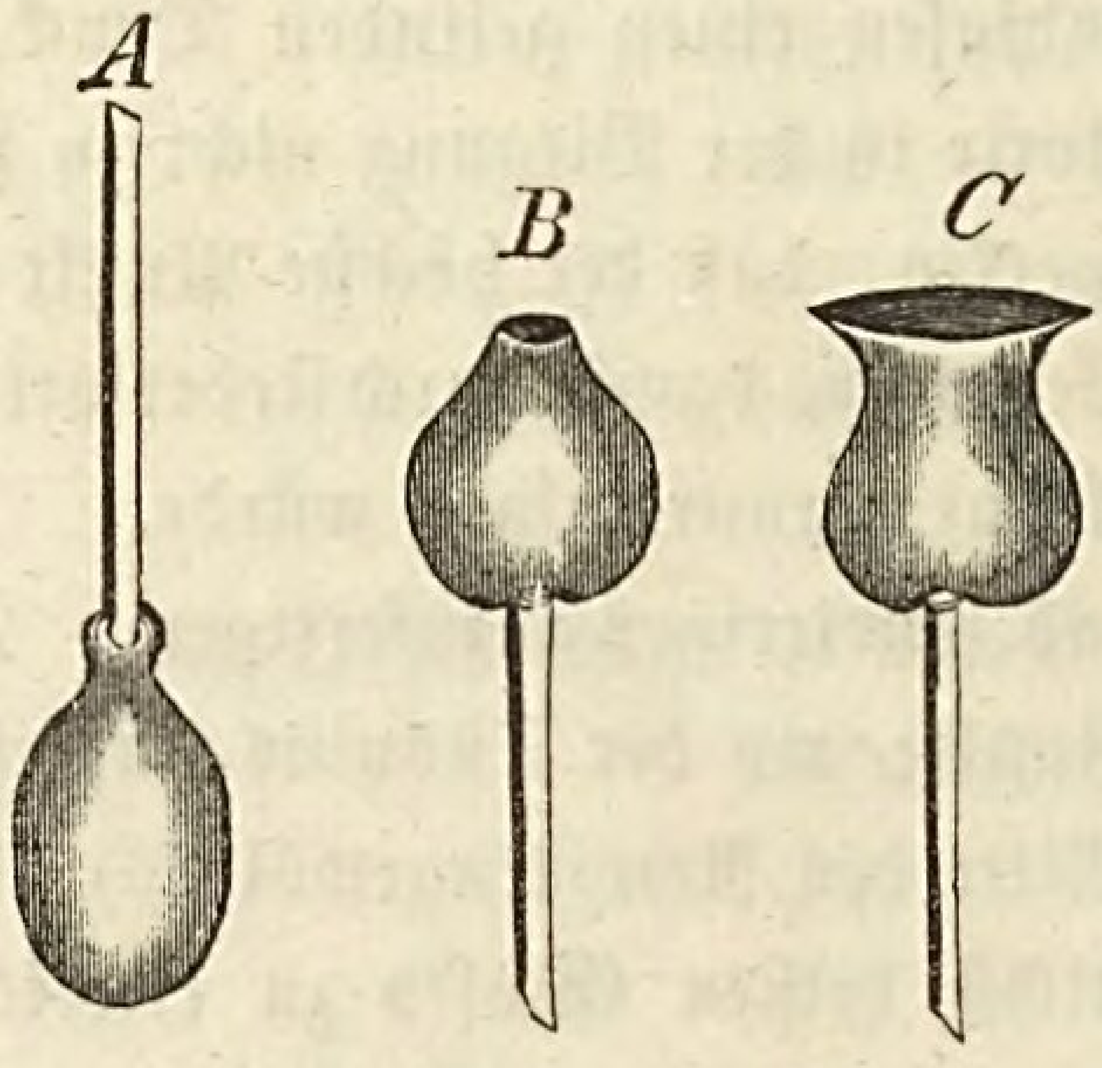
Die Stärke der Wandung und des innern Durchmessers hängen von der ursprünglichen Glasdicke und der Anfangs vorhandenen Höhlung, theilweise aber auch von der Stärke des Einblasens und der Schnelligkeit des Ausziehens ab.

Nur durch sehr sorgfältige Behandlung gelingt es, der Röhre in dem größten Theile ihrer Länge einen gleichmäßigen lichten Durchmesser zu geben, während die Endstücke immer schwach conisch sind. Man legt die Röhre auf den Boden der Hütte, damit sie die durch die Schwere hervorgebrachte Biegung in der Mitte verliert und sprengt sie in Stücken von etwa 6 Fuß Länge durch Anfassen mit einer kalten Zange ab.

Glasstäbe werden aus einem massiven Glasklumpen auf ganz ähnliche Weise gezogen.

Um Bechergläser zu bilden, wird zuerst eine Art weiter Kolben mit möglichst dünnen Wänden geblasen, dieser dann an ein Nabeleisen geheftet

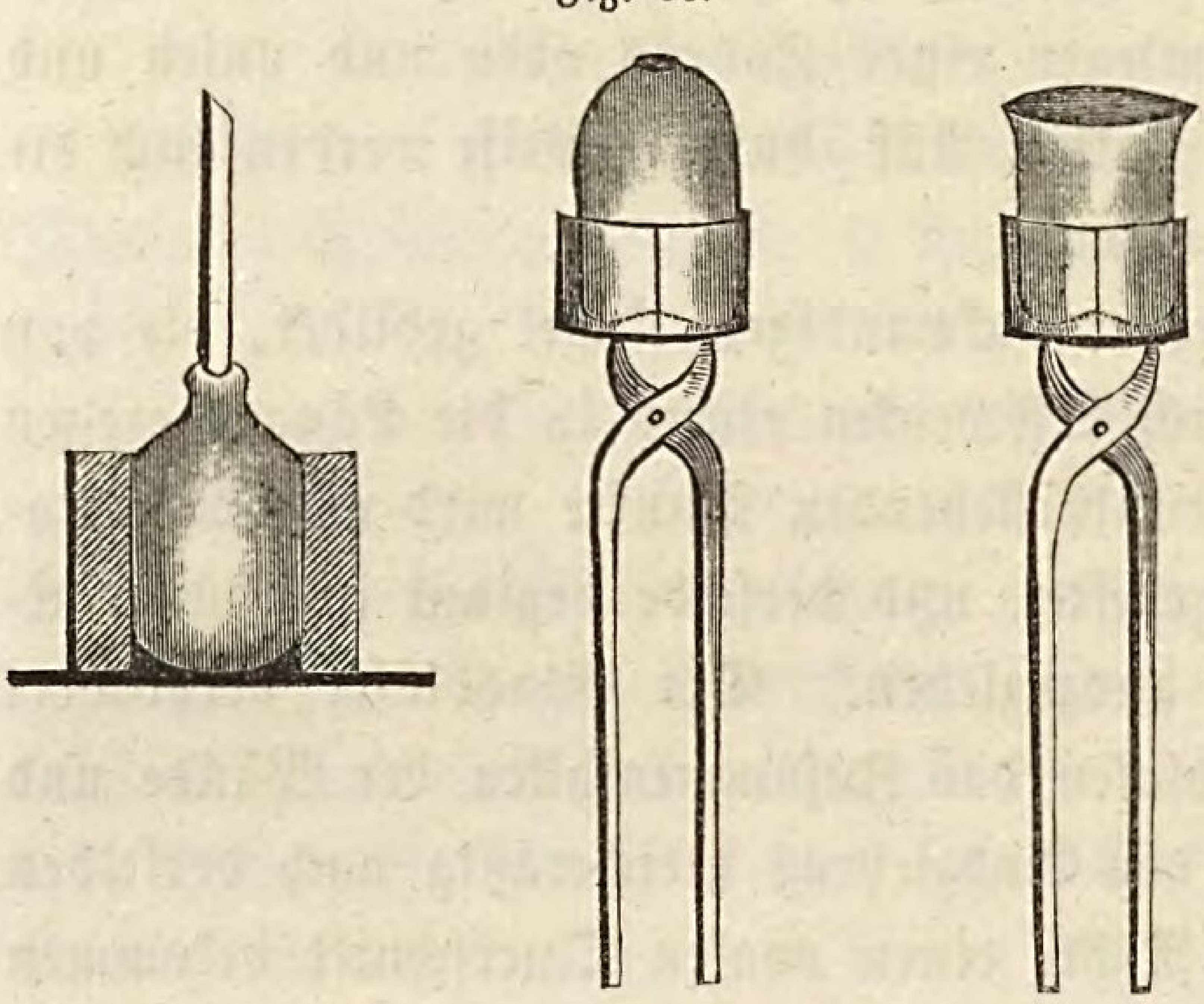
Fig. 65.



Bechergläser mit Marke.

und von der Pfeife abgesprengt. Dies abgesprengte Ende wird wieder angewärmt, mit der Scheere abgeschnitten, mit der Zange ausgeweitet und umgebogen. Dies sind die früher fast durchgängig üblichen Bechergläser mit Marke, in denen man indessen eben deshalb nicht kochen konnte. Jetzt werden dieselben in Formen mit geraden Wänden geblasen und zum Zwecke der letzten Operation wie die Flaschen in Zangen gefaßt.

Fig. 66.



Bechergläser ohne Marke.

Um Uhrgläser zu verfertigen, wird für die geringere Sorte, welche ein Kugelsegment darstellen, zuerst eine dünnwandige Kugel geblasen, und aus dieser dann, so weit es geht, durch Anhalten eines runden heißen Eisens die Gläser ausgesprengt. Um dieselben in der gewünschten Vollendung zu erhalten, werden sie im kalten Zustande mittelst einer starken stumpfen Scheere unter Wasser oder Oel beschnitten und endlich auf einem Sandsteine abgeschliffen.

Fig. 67.



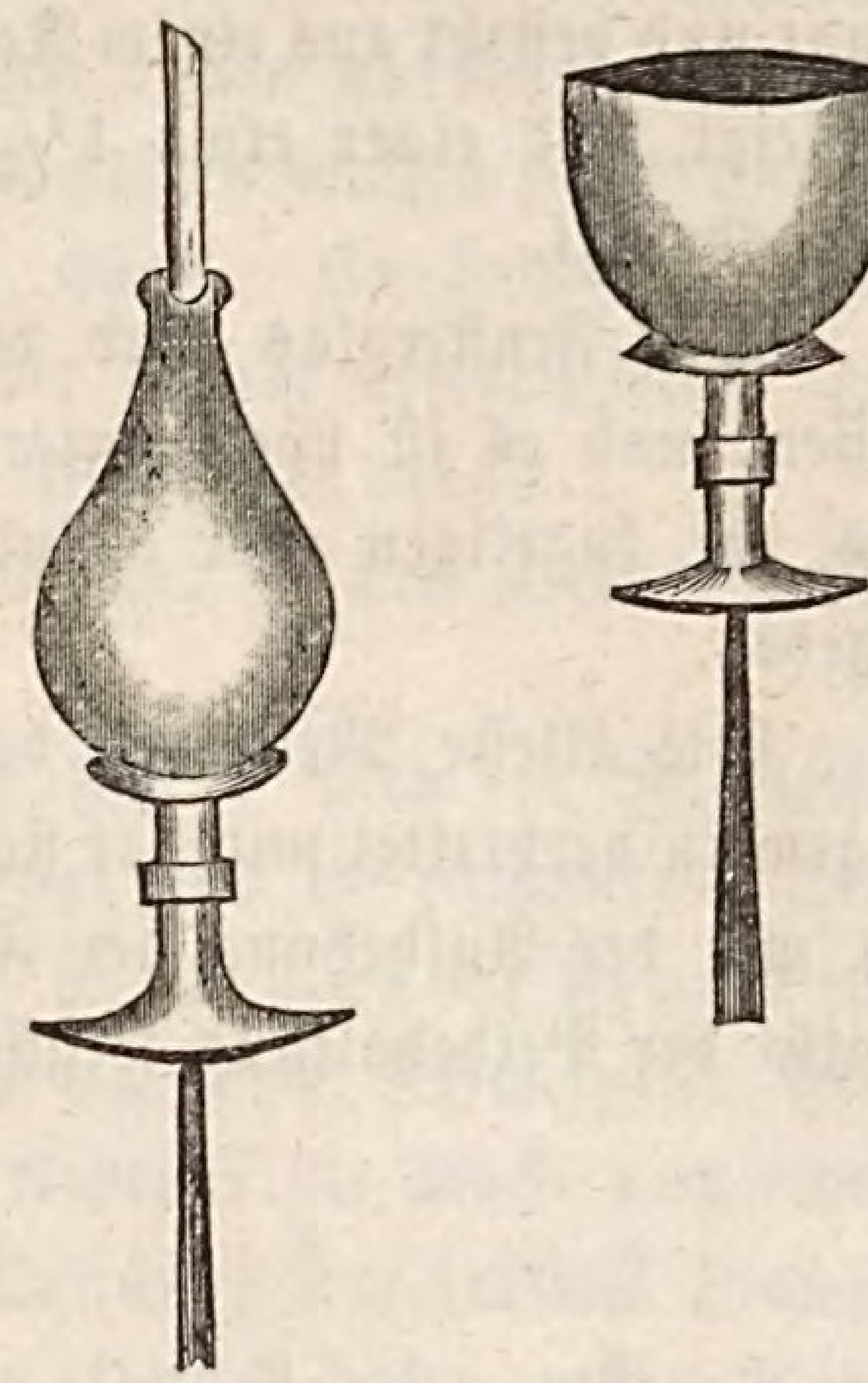
Aussprengen von flachen Uhrgläsern.

Zu den flachen Cylinderuhrgläsern wird ein kleiner Kolben mit flachem Boden geblasen und derselbe dann, indem man immer zwei Rollen auf einmal, an ein ringförmiges heißes Eisen anhält, ausgesprengt und abgeschliffen.

Gehen wir nun auf die Gegenstände des häuslichen Gebrauches über, die aus Weißglas gefertigt werden, so kann man als Beispiel die Anfertigung eines Weinglases anführen. Fuß und Kelch werden besonders angefertigt; der Fuß wird aus einer massiven Glasmasse durch Rollen und Behandeln mit der Zange gebildet, die Glocke dagegen unterdessen wird als eine einfache Kugel aufgeblasen, die auf den Fuß aufgesetzt und dann von der Pfeife abgesprengt wird. Die kleine Oeffnung b wird durch Ausschneiden und Ausziehen mit der Zange zur Glockenform erweitert. Ganz ähnlich werden die massiven

Schnapsgläser gefertigt, nur daß der Zapfen gleich mit der Glocke zusammen gebildet wird. Wassergläser, Bierkuffen werden wie die Bechergläser geformt, nur daß dieselben in gravirte Formen eingeblasen werden, wodurch sie façonirt erscheinen. Lampencylinder, ein viel gebrauchter Artikel, werden in Formen geblasen und und alsdann das untere verschlossene Ende im kalten Zustande abgesprengt oder abgeschliffen.

Fig. 68.



Weingläser.

Fensterglas. Da es bei den dünnen gleichmäßigen Platten, welche dasselbe bildet, wenig auf die vollkommen weiße Farbe ankommt und demnach die absolute Reinheit der Materialien unnöthig ist, so wird der Satz nach Möglichkeit billig zu stellen sein. Diese Billigkeit darf indessen nicht etwa in der Sparsamkeit von Alkali gesucht werden, indem sonst das Glas zu schwer schmelzbar sein und sich zu leicht entglasen würde, sondern man erreicht sie nur dadurch, daß man die wohlfeilsten Alkalien, also rohe Soda, Glaubersalz, Holzasche 2c. anwendet.

Außer den selbst erzeugten Abfällen werden wenig Glasbrocken eingeschmolzen, da die meisten derselben zu strengflüssig sind.

Einige der angewendeten Sätze nach Knapp's Angabe sind:

Grünes Fensterglas:

100	Pfd.	Soda,
25	"	Pottasche,
8	"	Pfannenstein, (Glaubersalz, Gyps und Kochsalz),
180	"	Holzasche, (liefert den Kalk),
120—150	"	Holzkohle zur leichtern Zersetzung des Glaubersalzes.

Halbweißes Fensterglas:

100	Pfd.	Sand,
30	"	calcinirte Soda,
35	"	Kreide,
150	"	Glasbrocken,
1/4	"	Braunstein,
1/4	"	Arsenik.

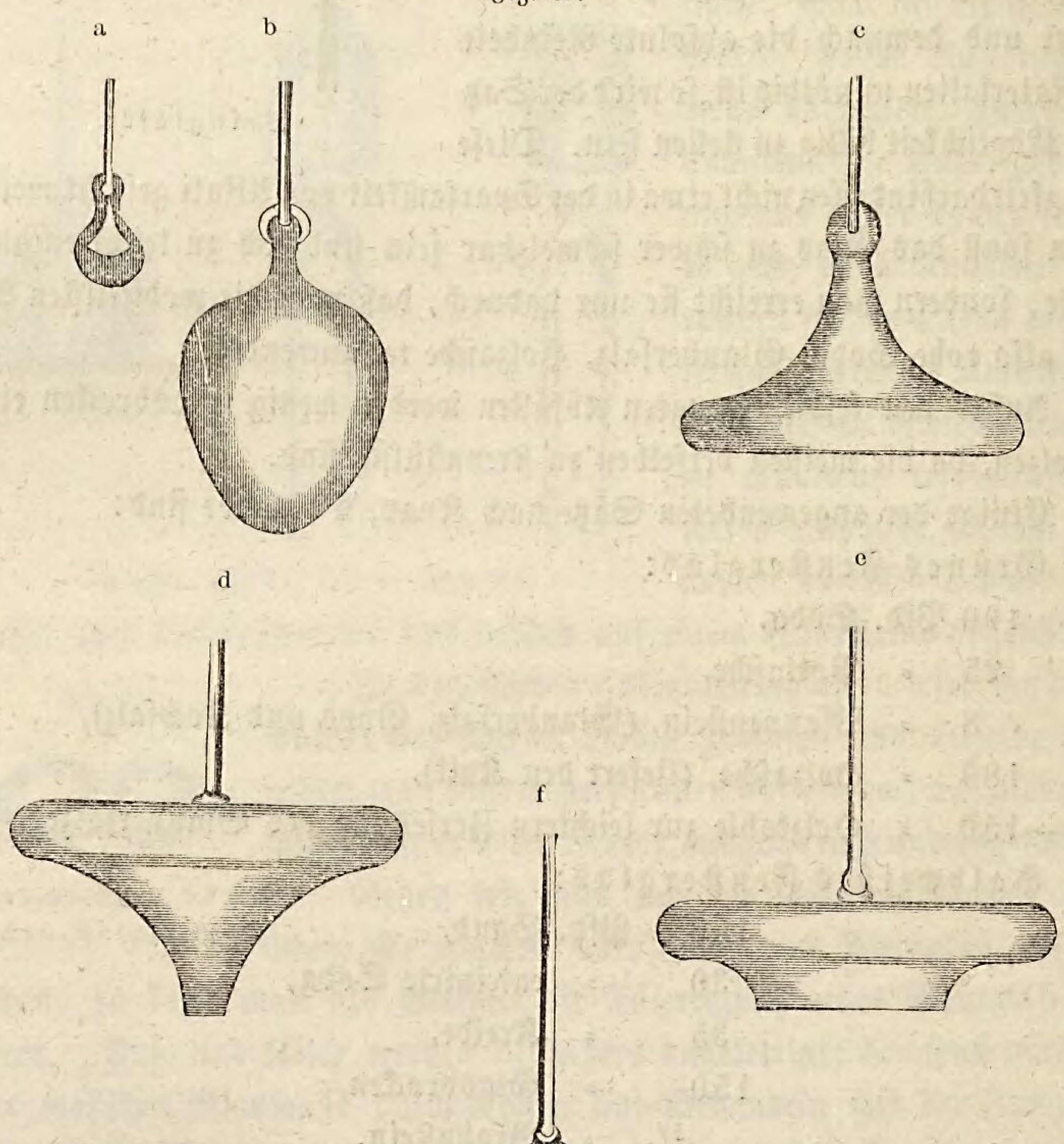
Die Oefen sind wenig abweichend von den Hohlglasöfen, nur mit besonders weiten Arbeitsöffnungen oder mit einem besonderen kleinen Ofen

zum Anwärmen. Dieser wird geheizt, wenn die Glasmasse zu läutern anfängt und besteht aus einem Roste, einem kurzen Schachte, in dem die Flamme aufsteigt, und einer etwa $1\frac{1}{2}$ Fuß weiten runden Oeffnung, aus der sie herausdringt.

Das Fensterglas wird durchgängig mit der Pfeife geblasen, nicht gegossen, und es ist höchst interessant, auf welche Weise man dahin gelangt, aus der kugeligen oder cylindrischen Form in die ebene Tafelform überzugehen.

Die älteste Methode, das sogenannte Mondglasmachen war früher allgemein verbreitet und hat sich in England bis zum Jahre 1845 erhalten, wo mit der Aufhebung der Fensterglassteuer durch Sir Robert Peel das Motiv der Beibehaltung wegfiel.*) Wenn sich auch seitdem seine Produc-

Fig. 69.



Mondglas.

*) Das Mondglas läßt sich, wie wir gleich sehen werden, bedeutend leichter

tion und Verbrauch wesentlich vermindert haben, so ist doch das Verfahren der Darstellung interessant genug, um es hier etwas ausführlicher zu erwähnen. Der Bläser sammelt zuerst einen tüchtigen Ballen Glas an und streicht ihn von der Pfeife etwas ab (Fig. 69 a). Er formt es durch Blasen zu einer birnförmigen Gestalt, bei der darauf gesehen wird, daß der an der Pfeife sitzende Theil eine gehörige Glasstärke behält.

Durch Einhalten in die Arbeitsöffnung und rasches Drehen erhält man die Form c.

In der Mitte der entstandenen ebenen Fläche wird ein Nabeleisen angeheftet, alsdann von der Pfeife abgesprengt und die entstandene Oeffnung rasch mit Scheere und Zange erweitert, so daß etwa die Form d entsteht. Bis dahin sind alle Manipulationen vor dem Schmelzofen selbst vorgenommen worden: jetzt aber trägt der Arbeiter die Masse nach einem besonderem Heizofen, der aus einer runden Oeffnung eine kräftige Flamme herausspeit, und legt dort die Pfeife auf einen eisernen Haken, wodurch ihm das nachfolgende rasche Drehen sehr erleichtert wird.

Die kräftig herausdringende Flamme erweicht zuerst den Rand, der sich nunmehr vermittelst der durch das rasche Drehen erzeugten Centrifugalkraft ausweitet. So entsteht eine glockenförmige Gestalt, welche der Flamme erlaubt, die ganze Fläche gleichmäßig zu erwärmen, in Folge dessen nach wenigen Augenblicken die ganze Masse sich zu einer ebenen runden Tafel entfaltet.

Damit die noch weiche Scheibe nicht zusammenfällt, muß der Arbeiter die Umdrehung bis zum Erkalten fortsetzen, worauf er die Scheibe in den Kühlofen bringt, auf ein Bett von Asche niederlegt und durch einen kurzen Schlag von der Pfeife ablöst. Nach dem völligen Erstarren wird sie mit eigenthümlichen Gabeln aufgerichtet und an die Wand des Kühlofens gelehnt. Dadurch daß der an der Pfeife ursprünglich festsitzende Theil, welcher später die Peripherie der Scheibe bildet, sehr stark gehalten wurde, ist eine sonst auffallende gleichmäßige Dicke der Tafel erzielt, die nur durch das vom Anschmelzen des Nabeleisens herrührende sogenannte Ochsenauge in der Mitte unterbrochen wird. Dieses wird ausgeschnitten und manchmal zu Straßenlaternen ꝛc. angewendet, wo es wie eine rohe Art Sammellinse für das Licht dient. Das vielfach übliche Einsetzen derselben in Stallfen-

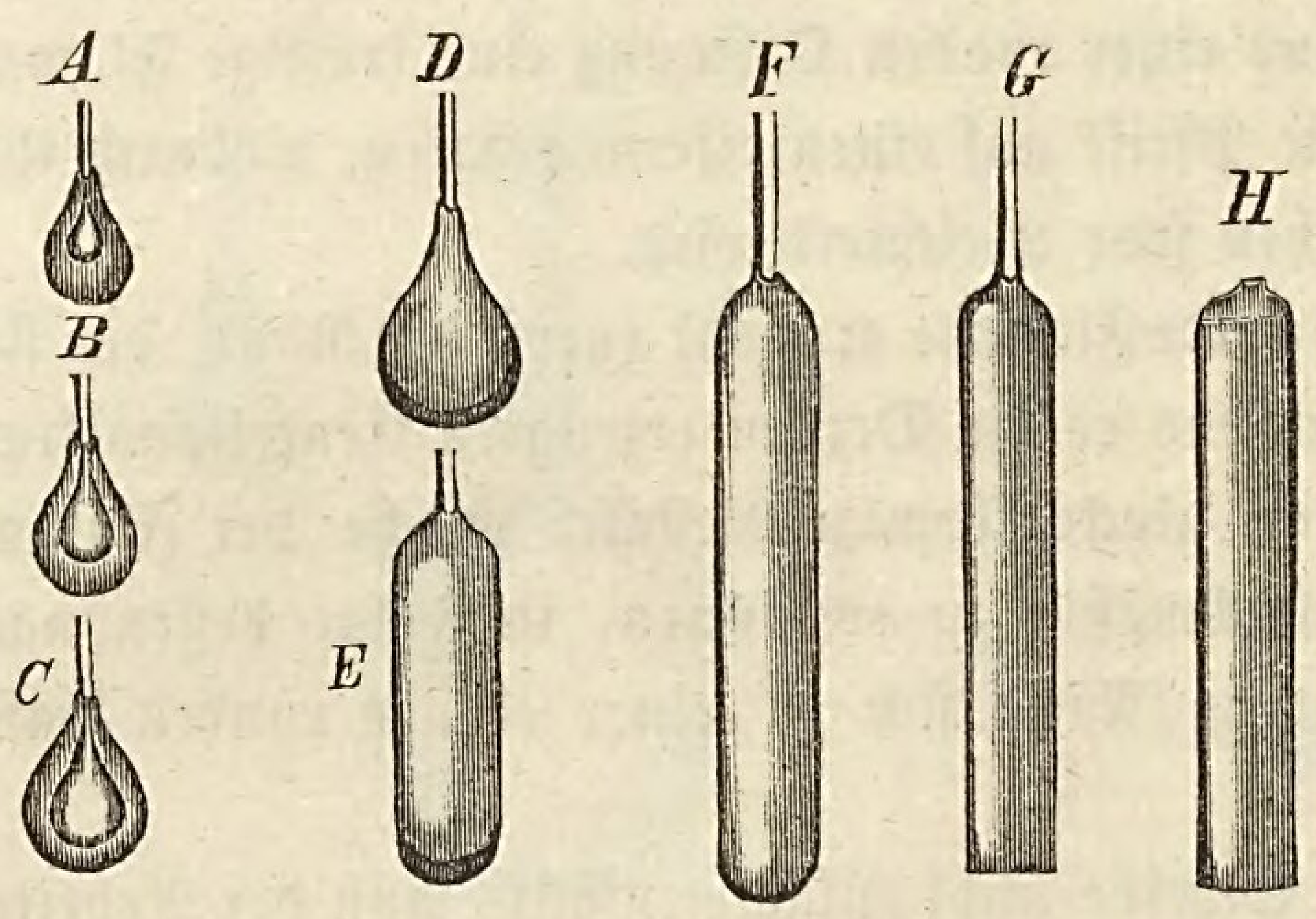
---

von Gewicht darstellen, als das gestreckte Glas und da die gedachte Steuer nach dem Gewichte erhoben wurde, so sahen sich die englischen Fabrikanten lange Zeit zur Beibehaltung dieser an und für sich unvollkommenen Methode gezwungen.

stern hat schon häufig Brände verursacht, indem die auffallenden Sonnenstrahlen dadurch, wie durch ein Brennglas, concentrirt wurden und Stroh oder Heu entzündeten. Die übrig bleibende Glasfläche liefert beim Zerschneiden natürlich nur Tafeln von kleinen Dimensionen, die sich indeß durch einen großen gleichmäßigen Glanz auf der Oberfläche auszeichnen.*)

In bei weitem überwiegender Menge wird jetzt das Fensterglas nach der Methode des Streckens dargestellt. Es wird dazu zuerst ein Cylinder geblasen, dieser aufgeschnitten und die Cylinderfläche zu einer ebenen Platte ausgebreitet. Je nachdem nun entweder die Höhe des Cylinders oder der Umfang desselben die größte Dimension der Platte darstellt, unterscheidet man Walzen- oder Tafelglas.

Fig. 70.



Walzenglas in den verschiedenen Stadien des Blasens.

Um ersteres darzustellen, nimmt der Arbeiter einen gehörigen Ballen an die Pfeife, streicht denselben nach vorn und begießt die Pfeife mit kaltem Wasser, um den Hals durch Leitung abzukühlen und dadurch zu erhärten, A. Durch abwechselndes Aufblasen und Schwenken, (oft sogar im Kreise herum), nimmt der Klumpen nacheinander die aus der Zeichnung hervorgehenden Formen B, C, D, E, F, an, was dadurch ermöglicht wird, daß der vordere Theil die dickste Glasmasse enthält, dadurch am längsten weich und heiß bleibt und sich allmählig abspinnt. Besonders eine Art hüpfender Bewegung, die der Pfeife mitgetheilt wird, wirkt wesentlich verlängernd. Es ist dies nahezu ein ähnlicher Vorgang wie beim Ziehen von Glasröhren, nur daß das Ausziehen durch den Gehülfen, hier durch das Schwenken, ersetzt wird.

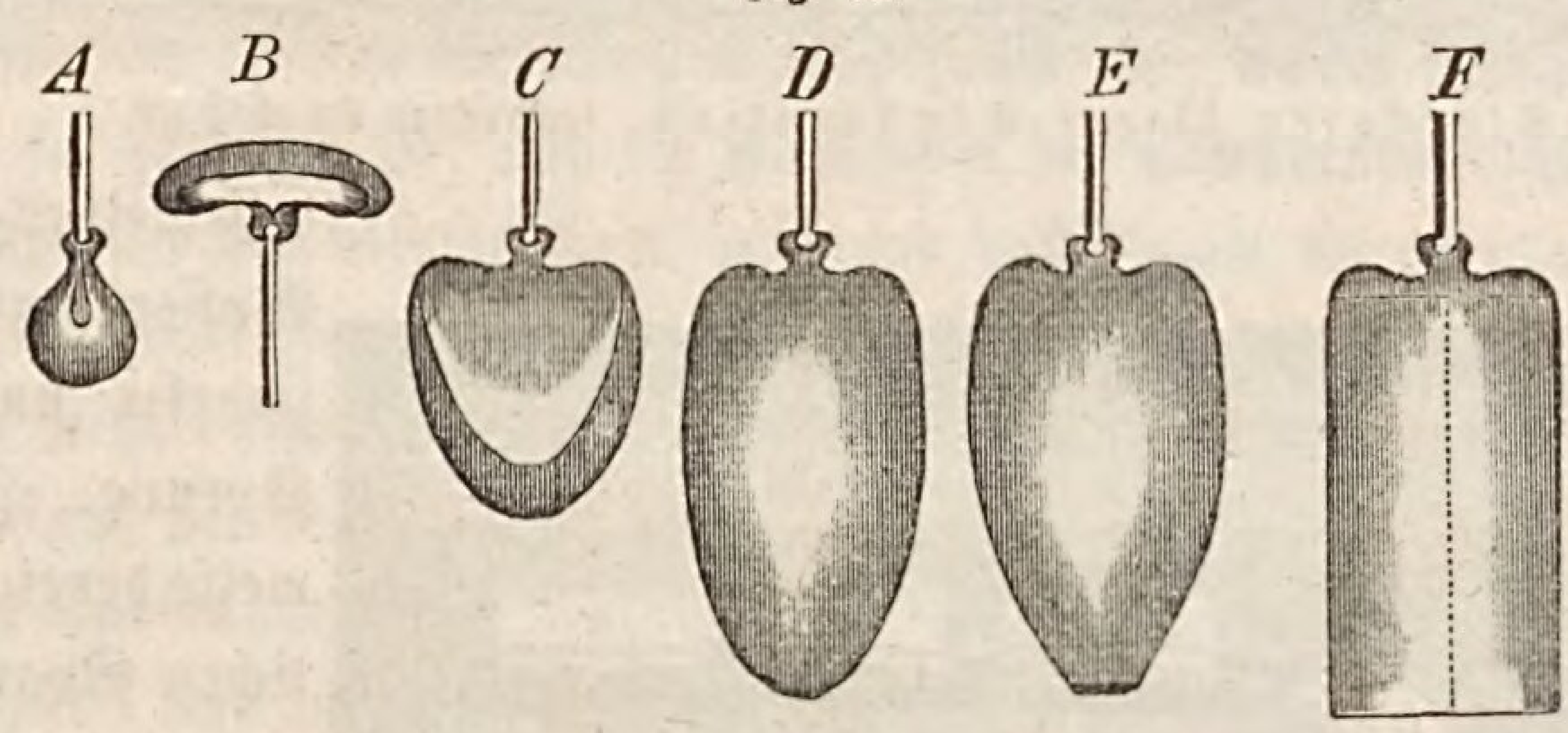
*) Wer jemals in den Küstenstrichen von Norddeutschland gereist, dem wird gewiß das glänzende, spiegelartige Ansehen der Fensterscheiben aufgefallen sein, wodurch die kleinen Landstädtchen einen besonders freundlichen Anstrich erhalten. Es ist dies die Folge der Verwendung des Mondglases, das früher in bedeutender Menge aus England importirt wurde.

Um die Walze unten zu öffnen, hält der Arbeiter sie mit dem vorderen Ende eine Zeit lang in den Ofen, indem er dabei beständig dreht und ziemlich stark einbläst. Hierdurch erweicht das vordere Ende und wird zu einer dünnen Blase aufgetrieben, die endlich mit einem kleinen Knalle springt, während die aufgeplatzten Ränder sogleich verschmelzen. Die in die kohlenstoffreiche Flamme eindringende frische Luft veranlaßt im Moment des Platzens der Blase ein blitzartiges Aufleuchten.

Indem nun der Arbeiter den geöffneten Cylinder lebhaft schwenkt, gleicht sich der untere Rand aus und wir erhalten endlich die Form G. Der Cylinder wird dann von einem Gehülfen auf eine hölzerne Stange genommen und von der Pfeife abgesprengt.

Bei Tafelglas sucht der Arbeiter dem Cylinder zuerst die gehörige

Fig. 71.



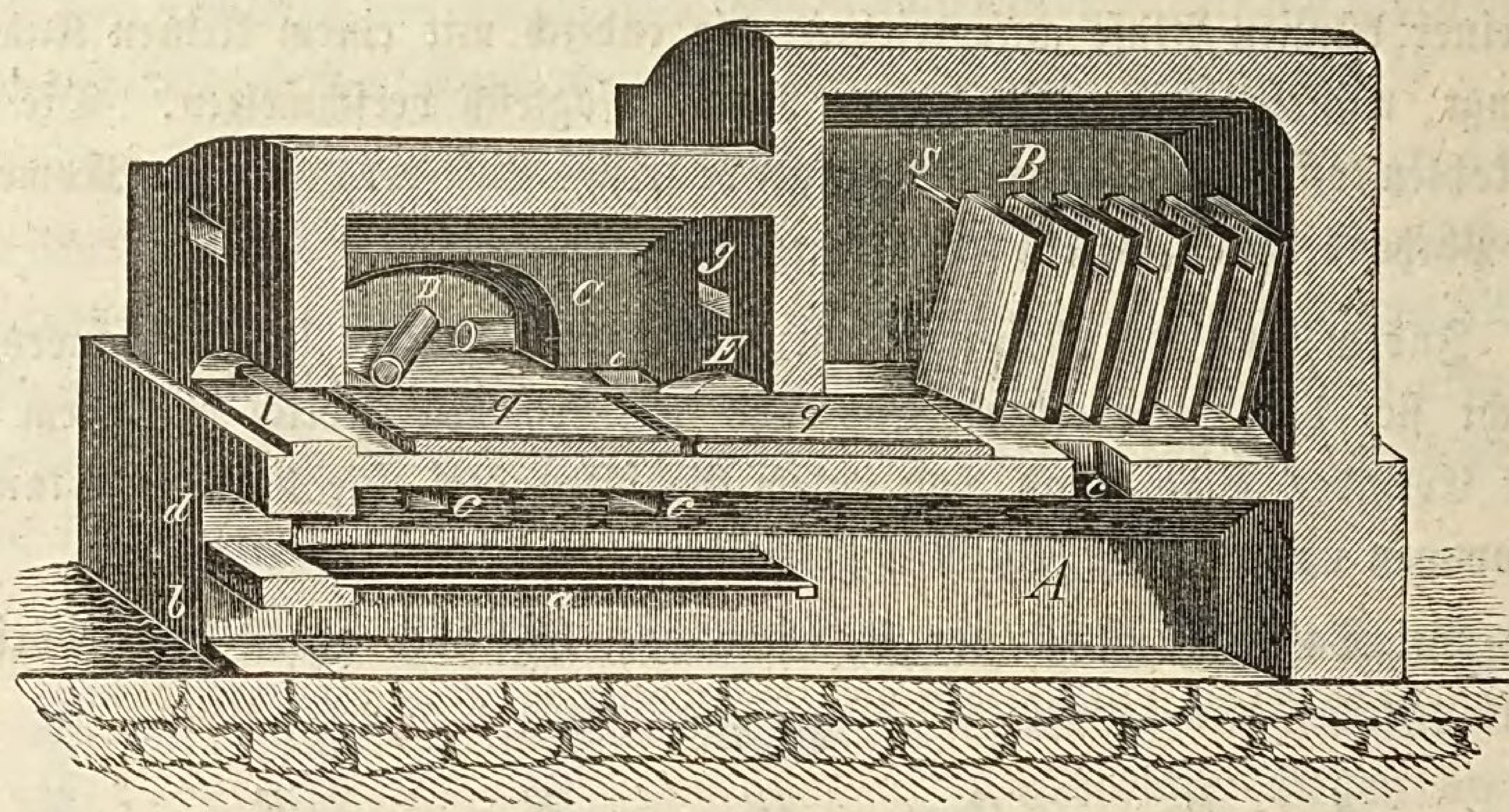
Tafelglas in den verschiedenen Stadien des Blasens.

Weite und zwar dadurch zu geben, daß er die Pfeife mit der daransitzenden Glasmasse senkrecht über seinen Kopf erhebt und stark hineinbläst. Durch die Schwere des aufliegenden dicken Glasklumpens wird die Ausdehnung besonders nach der Seite stattfinden, so daß Form B entsteht. Kehrt man nun die Pfeife wieder nach dem Boden, so gelingt es durch abwechselndes Ausblasen und Schwenken nach und nach die Formen C, D, E zu erhalten und endlich die Cylinder auf eine ganz ähnliche Weise, wie oben angegeben, zu öffnen.

Bevor zu der sogenannten Streckarbeit geschritten wird, müssen die Kappen, mit welchen der Cylinder an der Pfeife saß, entfernt und der Cylinder alsdann an der Längsseite geöffnet werden. Dies geschieht bei dem ungekühlten Glase sehr leicht, indem man entweder einen heißen Glasfaden um das Kappenende windet und, nachdem er abgezogen, einen Tropfen Wasser auffallen läßt, oder indem man ein an einem Ende etwas aufge-

bogenes Stück Eisen rothwarm macht, alsdann an einem senkrechten Ständer befestigt und den Cylinder nun über dasselbe schiebt. Durch Auffallen-

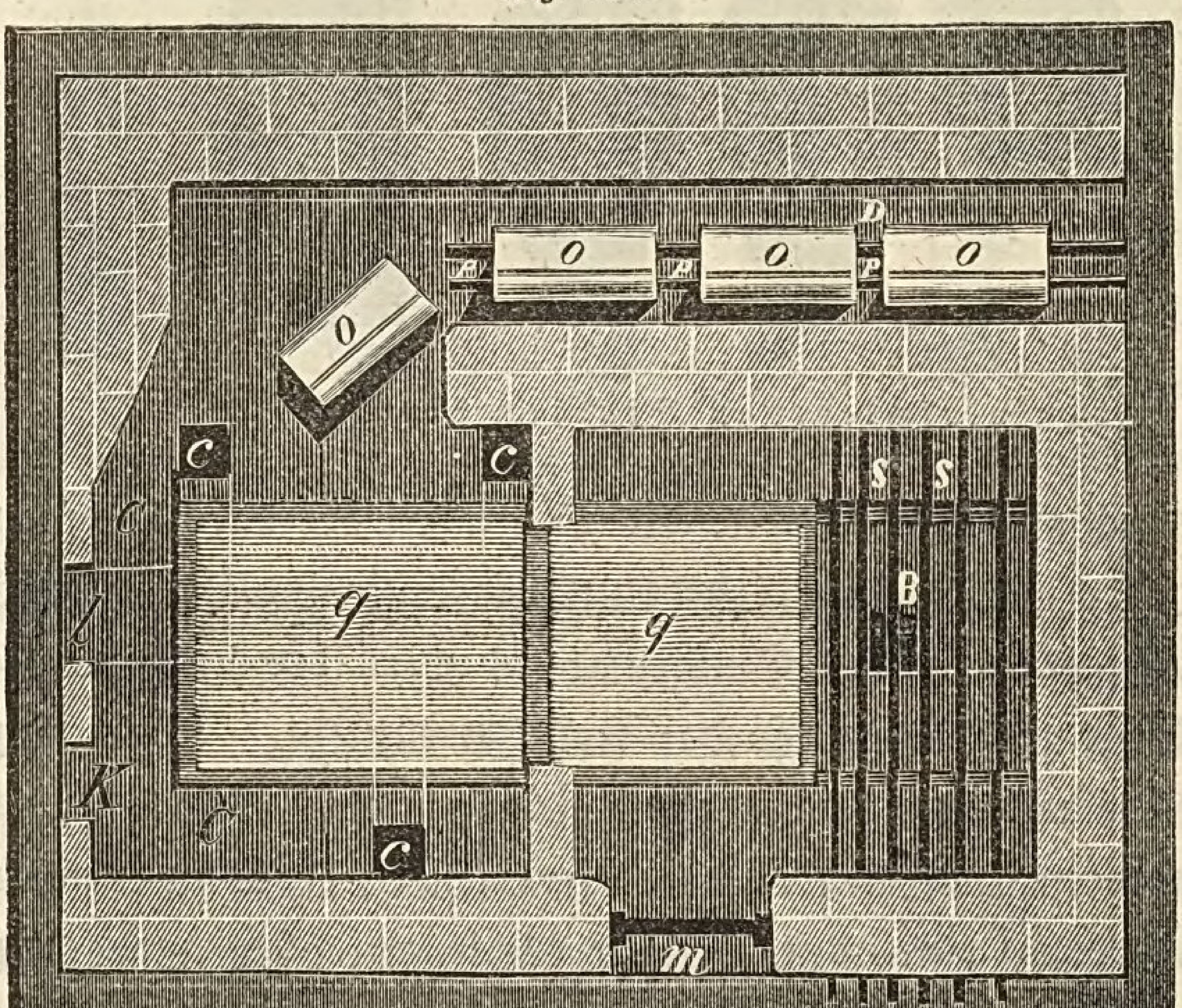
Fig. 72 a.



Streckofen ältere Construction, senkrechter Durchschnitt.

lassen eines Tropfen Wassers erfolgt ein scharfer und reiner Sprung. Zum Beweise der eigenthümlichen Spannung,*) die in solchen ungekühlten Cylindern herrscht, dient der Umstand, daß sich nach Oeffnung des Sprunges die beiden Wände oft zollweit über einander schieben, während bei gutgekühlten Cylindern dies durchaus nicht der Fall ist.

Fig. 72 b.



Streckofen ältere Construction, Grundriß.

*) Bei den mit Kupferoxydulglas überfangenen Glasscheiben zeigt sich die abweichende Eigenthümlichkeit, daß die Walzen auseinanderklaffen. Das Kupferoxydulglas befindet sich hier gewöhnlich an der innern Seite. Diese Eigenthümlichkeit ist daher nur dadurch zu erklären, daß das weiße Glas eine stärkere Zusammenziehung erleidet, als das leichtflüssige bleihaltige Kupferglas.

Das Aufrollen der Cylinder zu Tafeln erfolgt überall nach denselben Principien: allmähliges Anwärmen der Cylinder, Auseinanderfalten derselben auf der Strecktafel und Einschieben in den Kühlofen.

Besonders die letzte Operation ist eine kritische und hat daher in der neueren Zeit einige Modificationen und Verbesserungen erfahren.

Die früher allgemein übliche Einrichtung zeigt Fig. 72. D ist ein Kanal, durch welchen die Cylinder O auf zwei Eisenschienen fortgeschoben werden; durch denselben streicht ein Theil der Feuerluft ab und erwärmt die Cylinder soweit, daß der vorderste derselben dem Weichwerden nahesteht. C ist der Streckraum, vom Kühlraum B durch eine Zwischenwand geschieden, die indeß unten eine flache gewölbte Oeffnung läßt, durch welche die fertigen Tafeln in den Kühlraum eingeschoben werden.

Die Sohle beider Räume ist durch ein flaches Gewölbe gebildet, unter dem sich der Feuerraum A befindet. Die hier erzeugte Flamme schlägt durch die Füchse ccc in den Streck- und Kühlraum ein, wobei indessen die Vertheilung so getroffen ist, daß im Kühlraum die Temperatur unter dem Erstarrungspunkte des Glases liegt, während dasselbe im Streckraum weich und dehnbar ist. Die Feuerung geschieht zweckmäßig mit Holz, da durch Stein- und noch mehr durch Braunkohle zu viel Flugasche entstehen und die Tafeln verunreinigen würde.

Am Kühlraum bemerkt man die Ausfahrthüre m, am Streckraum die Arbeitsthür l und die Hülfsöffnung h.

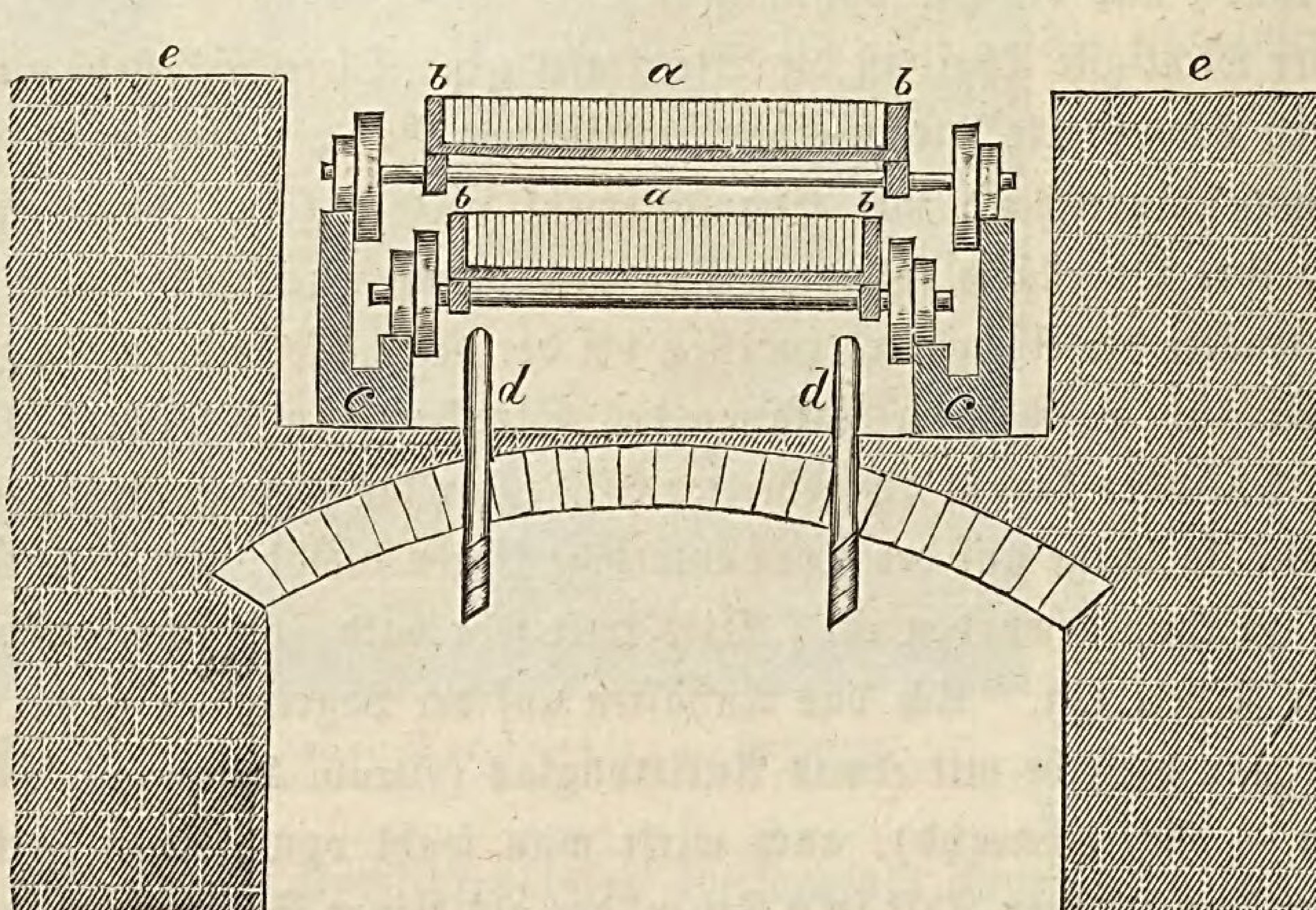
Der wichtigste Theil ist die Strecktafel qq. Dieselbe besteht aus einer feuerfesten Thonplatte, die in einen gußeisernen Rahmen eingepaßt ist. Die Masse muß hinreichend mit Chamottemehl versetzt sein, damit sie nicht springt; ihre Oberfläche soll eben sein und genau waagerecht liegen. Auf größere Glätte derselben wird indessen bei der alten Methode wenig geachtet, indem nämlich gleich beim Anfange des Streckens ein besonders stark geblasener Cylinder darauf ausgebreitet wird, der die sogenannte Lagerplatte bildet und so lange auf der Thonunterlage liegen bleibt, bis er durch Entglasung zu rauh geworden ist. Dies tritt sehr bald, oft schon nach zwölfstündiger Arbeit ein. Um das Anhaften auf der Lagerplatte zu vermeiden, bestäubt man dieselbe mit etwas Antimonglas (vitrum Antimonii, Schwefelantimon — Antimonoxyd), auch wirft man wohl von Zeit zu Zeit einige Hände voll zerfallenen Kalk in's Feuer, der als feiner Staub durch den Zug mit fortgerissen sich auf der Lagerplatte in einer sehr gleichmäßigen dünnen Schicht festsetzt. Um nun zur Beschreibung der eigentlichen Streckoperation zu schreiten, so nimmt der Arbeiter den nahezu erweichten letzten Cylin-

der O mit einer Art Gabel auf und legt ihn auf die Lagerplatte, wo er fast augenblicklich sich auseinanderfaltet und platt auf das Lager auflegt, was durch Glattstreichen mit einem gekrümmten Eisen noch befördert wird.

Um die Platte noch mehr zu ebenen, fährt der Arbeiter mit dem sogenannten Plättholze, einem an einer hölzernen Stange befestigten geraden Querholze in regelmäßigen Zügen, von links nach rechts fortschreitend, über dieselbe hinweg; das Holz verkohlt oberflächlich, was indessen gerade die Leichtigkeit des Darübergleitens befördert.

Die soweit fertige Tafel muß, ohne sie zu stauchen, durch den erwähnten Schlitz in den Kühlofen geschoben werden, was sich natürlich, da sie ziemlich weich ist, nur schwierig und oft unvollkommen ausführen läßt, wie schon oben angedeutet worden ist. Im Kühlofen angelangt, erstarrt die Scheibe fast augenblicklich, so daß sie ein Hülfsarbeiter, welcher an der Thüre M steht, mit einer breiten zweizinkigen Gabel aufrichten und senkrecht an die Wand lehnen kann. Zwischen je 60 solcher Tafeln wird ein Eisenstab eingeschoben, der zur Vermeidung allzugroßer Belastung dient. Ist der Kühlofen voll, so wird mit dem Strecken aufgehört, alle Oeffnungen werden sorgfältig verschlossen und die Tafeln erst nach vollständigem Erkalten ausgeräumt. In den neueren besseren Fabriken vermeidet man erstens die Lagerplatten, indem man die Thonplatten auf der oberen Fläche mit einer Schicht feinerer Masse

Fig. 73.

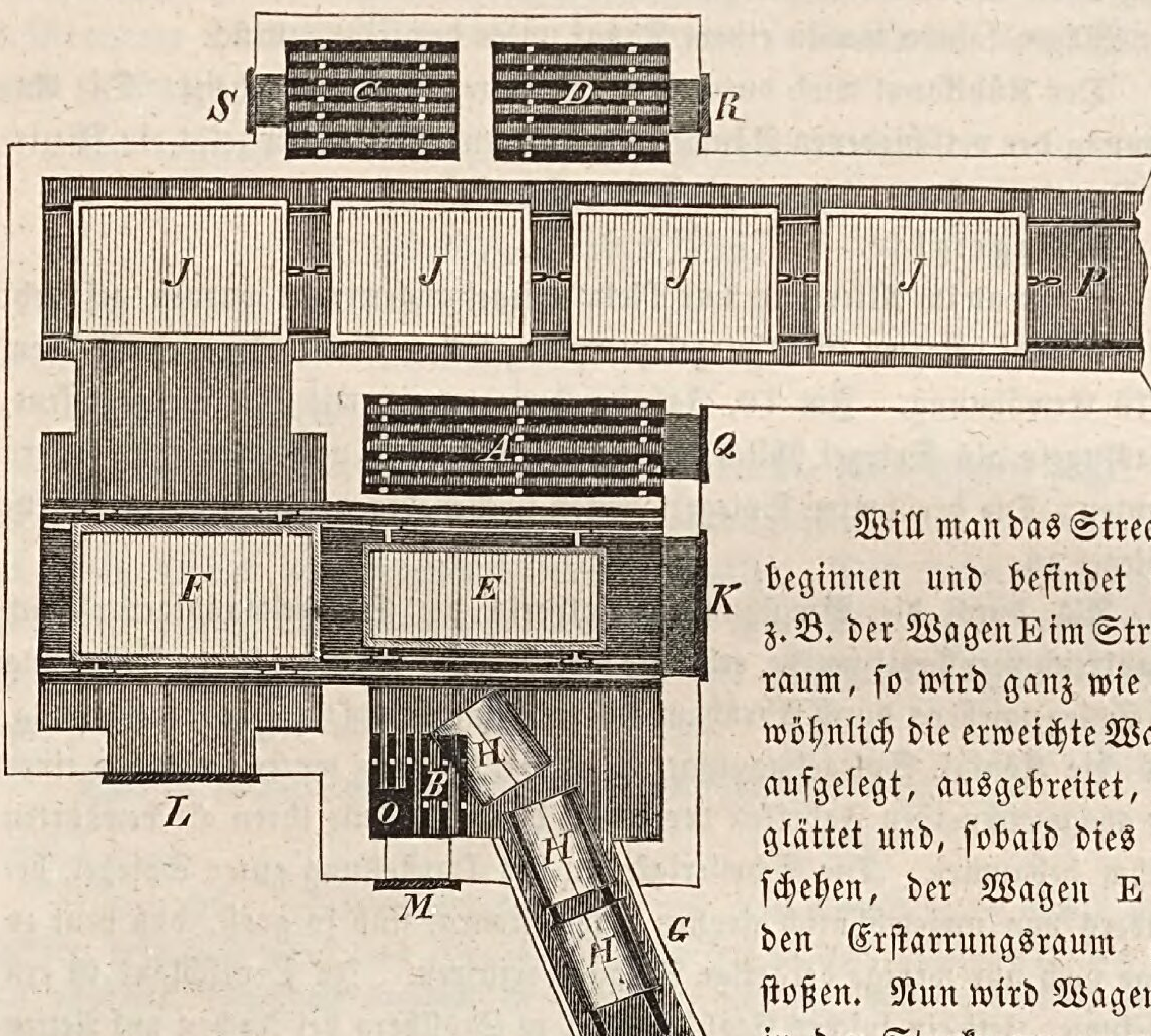


Einrichtung eines Streckofens neuester Construction.

aa Zwei Strecktafeln übereinanderlaufend, bb und bb eiserne Fassung der Thonplatten, cc eigenthümlich gestaltete Doppelschienen, dd Zapfen, welche zum Aufheben der unteren Platte dienen, ee Sohle des Streckofens.

überzieht und sie nach dem Brennen fein schleift. Als fernere wesentliche Verbesserung ist zu betrachten, daß man das Ueberschieben in den Kühlofen auf eine sinnreiche Weise vermeidet, die ich auf der ausgezeichneten Schmidtbornschen Glashütte bei Saarbrücken im Detail kennen gelernt habe. Es sind hier statt einer zwei Streckplatten vorhanden, die abwechselnd zum Strecken dienen; dieselben liegen nicht fest, sondern sind auf zwei kleinen Wagen befestigt, die auf versenkt liegenden Schienen laufen. Der Querschnitt derselben, wie ihn vorstehende Zeichnung (Fig. 73) zeigt, erlaubt diesen zwei Wagen, über einander hinwegzugehen. Der Bogen, welcher den Streckraum vom Kühlraum trennt, ist so hoch, daß gerade noch der obere Wagen bequem durchpassiren kann. An jedem Wagen sind Haken angebracht, in welche der Arbeiter mit einer Stange eingreift und sie damit vor- und rückwärts zieht.

Fig. 74.



Streckofen mit übereinanderrollenden Doppelplatten und Kühlkanal im horizontalen Grundriß. A Große Feuerung für den Streckofen, offen; B kleine Feuerung, verdeckt; O Fuchs, durch welchen die Flamme aufschlägt; CD Feuerungen des Kühlkanals P, mit den Eisenblechwagen JJJJ; F und E Streckplatten (s. Fig. 73); G Runder Kanal aus Eisenblech, durch welchen die Glascylinder HHH auf Eisenschienen eingeschoben werden; LK Arbeitsthüren, MQRS Feuerthüren.

Will man das Strecken beginnen und befindet sich z. B. der Wagen E im Streckraum, so wird ganz wie gewöhnlich die erweichte Walze aufgelegt, ausgebreitet, geglättet und, sobald dies geschehen, der Wagen E in den Erstarrungsraum gestoßen. Nun wird Wagen F in den Streckraum gezogen. Er liegt bedeutend tiefer, als die Sohle des Ofens und die Arbeit würde dadurch sehr erschwert werden. Man hilft dem sehr einfach

dadurch ab, daß man durch Drehen einer Kurbel 4 senkrechte Stifte (dd Fig. 73) in die Höhe treibt, welche den Wagen von den Schienen abheben und ihn ebenso nach vollendetem Strecken darauf herablassen, wo man ihn nun seinerseits in den Kühlraum überführt. Daß durch diese Manipulation die Scheiben viel ebener und glätter ausfallen, begreift sich leicht. Früher hat man auch eine rotirende Scheibe angewendet, auf der sich vier Streckplatten befanden. Die eine derselben fungirte immer im Streckraum, während die Tafeln auf der zweiten und dritten allmählig erstarrten und die vierte leer war. Hierdurch wurde indessen Raum und auch Brennmaterial verschwendet, und man hat diese Methode demnach ziemlich definitiv verlassen.

Um das Streckverfahren continuirlich zu machen, schließt sich auf der erwähnten Hütte an den Erstarrungsraum ein Kühlkanal an, auf dessen Wagen die Scheiben aufgelegt werden, sobald sie vollständig erstarrt sind. Die Wagen fahren leer in einem Kanal unter demselben zurück.

Der Kühlkanal wird durch eine besondere Feuerung geheizt. Die Anordnung der verschiedenen Räume, Feuerungen und Thüren zeigt ein skizzirter Grundriß eines solchen verbesserten Streckofens.

Spiegelglas.

Während im Alterthum nur Metallspiegel angewendet wurden, geschieht der mit Blei belegten Glasspiegel zuerst durch den Franziskaner J. Peschem 1279 Erwähnung. Im 16. Jahrhunderte waren mit Blei ausgegossene, Glaskugeln als Spiegel üblich, die natürlich nur ein verzerrtes Bild liefern konnten. Die berühmten Spiegelfabriken in Venedig wendeten nur geblasene Spiegel an.

Als durch die Bemühungen Colberts die Spiegelmanufactur nach Frankreich verpflanzt wurde, erlangte dieselbe bald durch die kühne Erfindung des Spiegelgießens durch Abraham Thevart einen ausgedehnten Aufschwung, und die Königl. Spiegelmanufactur zu St. Gobain wuchs rasch zu einer der ausgezeichnetsten Fabriken der Welt, die noch heute ihren alt bewährten Ruhm behauptet. Die Schwierigkeiten der Darstellung guter Spiegel, besonders von ungewöhnlich großen Dimensionen, sind so groß, daß heut zu Tage noch nur wenige derartige Anlagen existiren. In Deutschland ist erst seit kurzer Zeit ein solches Etablissement zu Stollberg bei Aachen auf Actien begründet worden, soll indessen jetzt schon ausgezeichnete Producte in nicht geringer Ausdehnung liefern.

Um diese Schwierigkeiten zu erkennen, ist es nöthig, sich die Bedingungen klar zu machen, die ein wirklich guter Spiegel erfüllen muß. Die eigentliche reflectirende Fläche ist die Schicht von Zinnamalgam, welche

durch das genaue Anlegen an die geschliffene, ganz ebene Glasfläche ihren Glanz und ihre Politur erhält.*)

Diese erste Bedingung der Reflection, die Darstellung einer gleichförmig spiegelnden Amalgamfläche ist verhältnißmäßig leicht zu erreichen; das durchsichtige Medium dagegen, an welches sich dieselbe anlegt, ist viel schwieriger in vollkommener Schönheit herzustellen. Es muß, um das erzeugte Bild nicht zu stören, vollständig frei von Knötchen, Wellen, Blasen und Streifen sein und darf auch, um der Farbe des Bildes nicht zu schaden, nicht oder nur äußerst wenig gefärbt erscheinen.**)

Endlich müssen beide Glasflächen vollkommen parallel und sehr gut polirt sein.

Treten zu allen diesen Schwierigkeiten noch Dimensionen von 6—9 Fuß Höhe bei 4—5 Fuß Breite hinzu, so begreift sich leicht, daß dergleichen vollkommene Spiegel mit mehreren Hunderten, ja Tausenden von Thalern nicht zu theuer bezahlt sind.

Die verschiedenen Operationen sind nunmehr folgende:

1. das Einschmelzen und Läutern,
2. das Gießen und Kühlen,
3. das Schleifen,
4. das Belegen.

1. Das Einschmelzen.

Obwohl das Pottascheglas eine vollkommenere Farblosigkeit zeigt, so wendet man doch viel gewöhnlicher ein Natronkalkglas an, weil dieses billiger zu stehen kommt und bedeutend leichter schmilzt. Das Natron wird als calcinirte reinste Soda zugesetzt, der Sand (oder statt dessen gepulverter Feuerstein oder Quarzfels) muß sehr weiß und eisenfrei sein, und der Kalk darf wenig oder gar keine Thonerde enthalten.

Das in Frankreich angewendete Verhältniß besteht in:

---

*) Das Glas reflectirt natürlich auch, und man bemerkt daher immer zwei Bilder, besonders wenn man von der Seite in den Spiegel hineinsieht; das an der vorderen Glasfläche erzeugte ist indessen so schwach, daß es meistens übersehen wird.

**) Man sagt zwar, daß der Spiegel nicht lügt. In Beziehung auf die Form gilt dies wohl, nicht so aber in Beziehung auf die Farbe. Ein dunkelgrüner oder brauner Ton des Glases würde demselben am meisten nachtheilig sein; besser ist ein schwach röthlicher Ton, wie er durch einen kleinen Ueberschuß an Braunstein hervorgebracht wird.

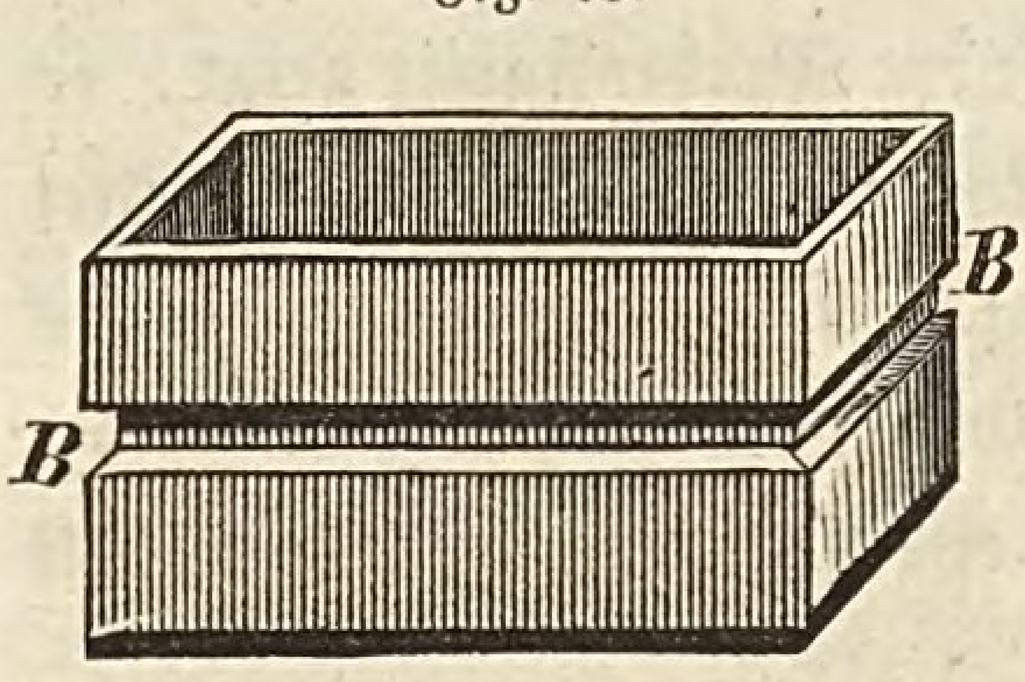
300 Theilen Sand,
100 „ calc. Soda,
45 „ zerfallener Kalk,
300 „ Glasscherben (von Spiegelabfall).

Statt der letzteren könnte man sich bei geringeren Sorten auch des Schleifabfalles bedienen, der zum größten Theile aus zerkleinertem Glas und feinem Sand besteht und, mit etwas Soda und Kalk versetzt, gewiß vortrefflich einschmelzen würde. Er beträgt fast die Hälfte des producirten rohen Glases.

Statt des zerfallenen Kalks wendet man auch derben Kalkstein an, der, obgleich er in fast nußgroßen Stücken zugesetzt wird, sich doch leicht und vollständig auflöst. Die angewendeten Oefen und Häfen unterscheiden sich in nichts Wesentlichem von den übrigen Glasöfen. Wird mit Steinkohle gefeuert, so sind natürlich Haubenhäfen wünschenswerth, doch sollen einzelne Spiegelmanufacturen, die über sehr reine, langflammende Steinkohle disponiren, auch in offenen Häfen gutes Glas erzielen, indem nur die Zeit des Läuterns etwas größer angenommen wird. Der Satz ist etwa nach 18 Stunden eingeschmolzen.

Ein sehr wesentlicher Unterschied besteht indessen darin, daß für die äußerst wichtige Operation des Läuterns besondere Gefäße angewendet werden. Es sind dies die sogenannten Wannen, d. h. aus Hafenmasse gefertigte, oblonge Schmelzgefäße, etwa halb so hoch wie die Häfen und mit einer rund herum laufenden Zarge BB versehen, in welche bei dem gleich zu erwähnenden Ausfahren der Wanne die Schenkel einer Zange eingreifen. Sie stehen entweder zwischen den Häfen (bei Holzfeuer) oder in einem besonderen Ofen, wenn die Anwendung von Haubenhäfen dazu nöthigt. Das geschmolzene und beinahe geläuterte Glas wird in dieselben übergeschöpft. Diese Operation bezweckt einmal eine vollständige Mengung der verschiedenen Glasschichten, wodurch die Winden und Schlieren möglichst vermieden werden; dann aber geht auch die Ausscheidung der Luftblasen in der bedeutend niedrigeren Wanne viel leichter vor sich, indem die Gasblasen eine viel dünnere Schicht zu durchbrechen haben.

Fig. 75.



Spiegelglaswannen.

Den Stellen gegenüber, wo die Wannen stehen, befinden sich in der Ofenwand hinreichend weite Oeffnungen, die nur mit Thonplatten versetzt sind. Man öffnet dieselben, fährt die leere Wanne heraus, reinigt sie mit

einer Art Scharre von dem ansitzenden alten Glase, der Flugasche ꝛc. und fährt sie wieder in den Ofen ein. Nachdem nun die geringe Menge Glasgalle, die sich in dem Hafen befindet, entfernt ist, beginnt das Ueberschöpfen mit kupfernen, an einer langen eisernen Stange sitzenden Kellen. Dieselben können wegen der Gefahr des Schmelzens nur dreimal hinter einander zum Ueberschöpfen gebraucht werden, worauf sie in kaltem Wasser wieder abgekühlt werden. Hiervon schreibt sich die französische Benennung dieser Operation (trejeter) her.

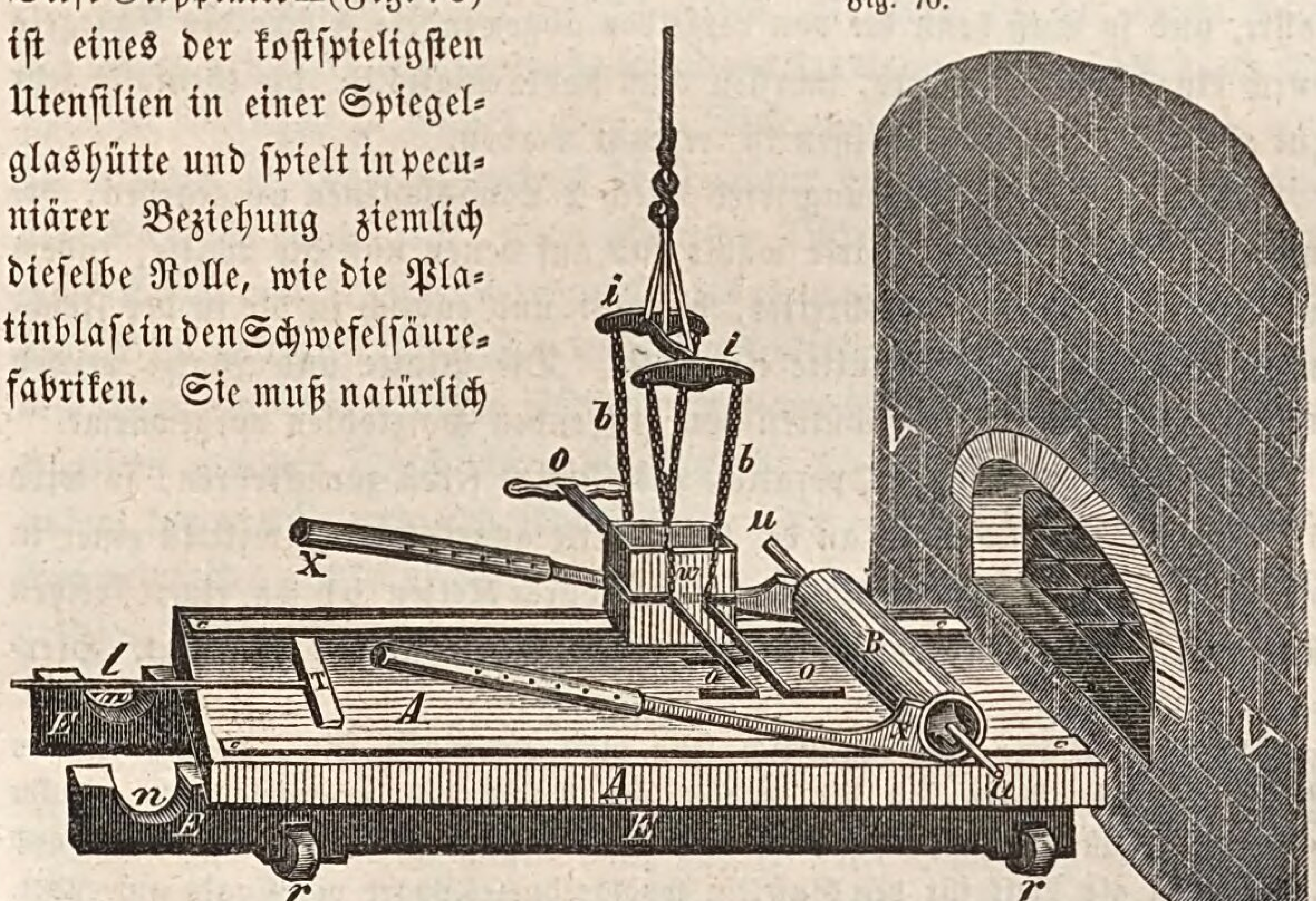
Der Inhalt eines Hafens geht genau in eine Wanne hinein, wenn nur Spiegel von einer Größe gegossen werden. In einigen Hütten hat man kleinere Wannen, um auch halb so große Spiegel gießen zu können.

Nachdem dieses Ueberschöpfen vollbracht ist, beginnt die Läuterung, die ungefähr 6 Stunden dauert, worauf eine herausgenommene Probe des Glases sich vollständig frei von allen den oben erwähnten Fehlern zeigen muß. Die Vorsetzplatten werden nun von Neuem entfernt, die Wanne mit einer auf Rädern laufenden Zange in der Zarge gefaßt und dadurch von der Bank abgehoben, dann eine Platte mit langem Stiel, welche ebenfalls auf einem Räderpaare befestigt ist, untergeschoben und auf dieser der Hafen nach der Gießplatte gefahren.

2. Das Gießen und Kühlen.

Diese Gießplatte A (Fig. 76) ist eines der kostspieligsten Utensilien in einer Spiegelglashütte und spielt in pecuniärer Beziehung ziemlich dieselbe Rolle, wie die Platinblase in den Schwefelsäurefabriken. Sie muß natürlich

Fig. 76.



Gießen der Spiegelplatten.

so groß sein, daß sie die Dimensionen der größten Spiegel, welche die Hütte liefern will, noch übertrifft, und von sehr bedeutender Dicke, damit sie sich bei dem immensen Temperaturwechsel, der durch Aufgießen des geschmolzenen Glases entsteht, nicht wirft.

In St. Gobain wendet man eine Lagerplatte an, die 100,000 Francs gekostet hat. In Ravenshead in England vertritt ihre Stelle eine 8 Zoll starke gußeiserne Platte, die natürlich viel billiger zu stehen kommt.*)

Diese Platte ist auf ihrer Oberfläche durch Abhobeln und Schleifen vollständig eben gerichtet und wird auf ein niedriges mit 4 Rädern versehenes Gerüst EE so aufgezogen, daß ihre Oberfläche genau horizontal steht. Da in jedem Kühlofen nur drei der großen Spiegelplatten untergebracht werden können, so muß man die Gießplatte bequem von dem einen zum andern transportiren können. Zu diesem Ende dient ein Schienenweg, der vor den an den äußern Hüttenwänden erbauten Kühlöfen hinläuft. Der Wagen ist so aufgesetzt, daß die Platte in ihrer Längsrichtung quer über die Eisenbahn steht und daß die obere Fläche der Gießplatte mit ihrer schmäleren Seite genau an das Mundloch des Kühlofens anstößt. Somit bildet die Platte mit der Sohle des Ofens eine gerade Ebene, auf der sich die fertige Platte leicht und ohne Gefahr des Verbiegens hinschieben läßt.

Das geschmolzene Glas ist zu zähflüssig, als daß es sich von selbst wie Wasser als eine gleichmäßig starke Schicht über die Gießplatte verbreiten sollte, und so muß denn die von derselben abgewendete Fläche des Spiegels durch eine ziemlich schwere, indessen doch hohle Walze B, die ebenfalls sehr gut abgedreht und abgeschliffen ist, erzeugt werden.

Die seitliche Begrenzung wird durch 2 Längsschienen cc gegeben, die man von verschiedener Stärke wählt und auf denen nun die Walze, indem sie das Glas vor sich ausbreitet, hinrollt und endlich in die in der Zeichnung angedeuteten Einschnitte nn fällt. Die Platte und Walze werden vor dem Guſſe durch Aufschütten von glühenden Holzkohlen vorgewärmt.

Wenn wir nun zur Operation des Gusses selbst zurückkehren, so wird die ausgefahrene Wanne, an der Gießplatte angekommen, mittelst einer in die Zarge einfassenden Zange ooo und durch Ketten bb an einen soliden Krahn ii befestigt und vor allem von außen abgekratzt und gereinigt. Hier-

*) Diese Platte muß natürlich sehr dicht im Gusse sein, da die kleinsten Luftblasen beim Aufgießen des Glases sich beträchtlich ausdehnen und Höcker veranlassen würden. Man erreicht dies durch richtige Mischung des Eisens und indem man als Bett für den Guß ein wohlgeebnetes Lager von Coaks anwendet, durch welches die Luft leicht entweichen kann.

auf schäumt ein Arbeiter mit einer halbrunden kupfernen Klinge das Glas so lange ab, bis es vollständig durchsichtig und leuchtend zum Vorschein kommt. Unterdessen haben andere Arbeiter die Kohlen von der Gießtafel entfernt und dieselbe aufs sorgfältigste gereinigt. Außerdem nimmt ein Arbeiter eine Art Rechen T zur Hand, dessen breites Querholz mit nassen Lappen umwickelt wird, um unmittelbar vor dem ausfließenden Glase, die Bahn zu reinigen. Nachdem alle diese Vorbereitungen beendet, gießt man vermittelst einer allmähligen Neigung der Wanne das Glas einige Zoll über der Oberfläche der Tafel aus, während zugleich die Walze in Bewegung gesetzt wird, die die zähe Masse ausbreitet und vor sich hertreibt, bis endlich die Wanne leer, der Spiegelguß beendet ist und die Walze in die Einschnitte nn fällt. Der überstehende wulstige Rand des Spiegels wird aufgebogen, damit der Arbeiter einen Rechen anstemmen kann, womit er die rasch erstarrte Platte in den Kühlofen schiebt.

Die Sohle desselben ist mit feinem Sande bestreut, dessen Körner gewissermaßen die Stelle von Reibungsrollen vertreten und das Hineinschieben sehr erleichtern. Der vorher schon zur schwachen Rothgluth erhitzte Kühlofen wird sodann sorgfältig vermauert und erst nach vollständiger Erkaltung wieder geöffnet.

3. Schleifen. a. Das Rohschleifen.

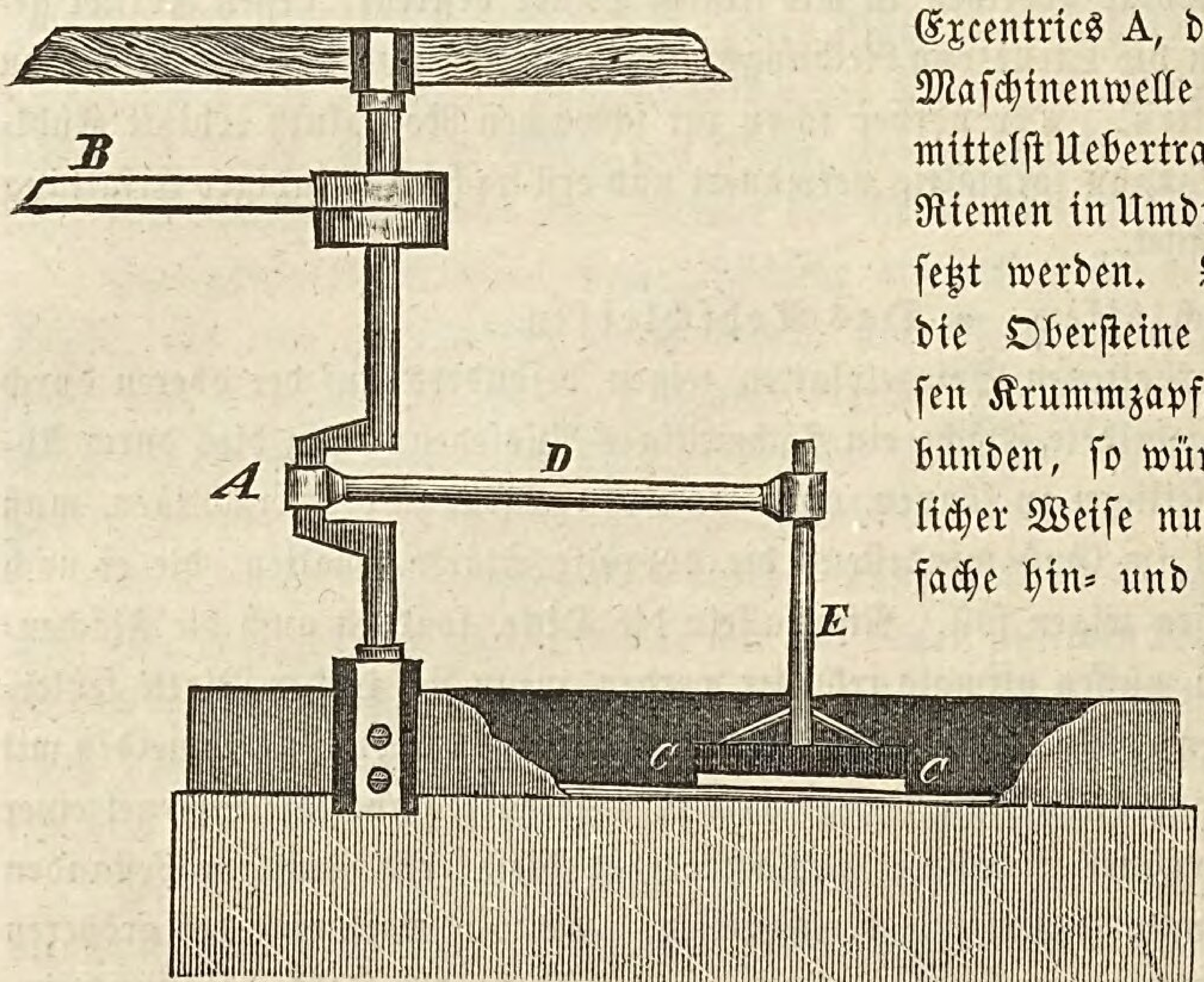
Die erhaltenen Spiegelplatten zeigen besonders auf der oberen durch die Walze gebildete Fläche ein flachwelliges Aussehen. Um dies durch Abschleifen beseitigen zu können, ohne die Dicke zu sehr zu beeinträchtigen, muß der Spiegel im Guß mindestens die doppelte Stärke erhalten, die er nach dem Schleifen zeigen soll. Nicht allein die Dicke, sondern auch die Flächendimensionen müssen oftmals reducirt werden, wenn sich in der Platte fehlerhafte Stellen zeigen. Vorerst beseitigt der Hüttenglaser durch Abschneiden mit dem Diamant die wulstigen Ränder und unterwirft dabei die Spiegel einer möglichst genauen Durchsicht. Nachdem sie diese erste Prüfung bestanden haben, kommen sie nun zum Rohschleifen. Es wird dazu eine der größeren Spiegelplatten genau horizontal auf einen feststehenden Tisch mit Gyps eingekittet. *)

*) Der Gyps darf nicht zu dick angemacht werden, weil er sonst zu rasch erhärtet, als daß die Luftblasen durch Aufheben der Platte beseitigt werden könnten; auch würde die Platte durch das zu starke Schwinden des Gypses zu leicht reißen. Nur die auf dem Kühlofen sehr rauh gewordene Seite läßt sich fest genug aufkitten, die obere glatte heftet nicht eher, als bis sie matt geschliffen ist.

Eine kleinere Platte wird auf den Oberstein, einer besonders dick gegossenen Glastafel, auf dieselbe Weise befestigt, mit dieser auf die untere Platte aufgesetzt und nach Bedürfniß mit Gewichten beschwert. Man rechnet auf eine Unterplatte 2—5 Oberplatten, je nach der Größe der ersteren. Das Schleifen erfolgte früher meist mit der Hand, jetzt mittelst Maschinen; in beiden Fällen jedoch dadurch, daß man zwischen beide Platten immer feiner werdenden Sand und Wasser bringt und die obere Platte auf der unteren in excentrischen Kreisen herumführt. Der Sand wird in 5—6 verschiedenen Nummern durch Sieben gewonnen.

Bei der Handschleiferei wählt man zuerst die erhabensten Punkte beider Platten aus und sucht diese nach einander durch gegenseitiges Abschleifen zu beseitigen. Ein ganz ähnliches Verfahren kommt auch bei den sehr complicirten Schleifmaschinen in Anwendung. Dieselben bestehen im Wesentlichen aus einem oder mehreren Krummzapfen oder Excentrics A, die durch die Maschinenwelle direct oder mittelst Uebertragung durch Riemen in Umdrehung versetzt werden. Wären nun die Obersteine mit diesen Krummzapfen fest verbunden, so würde begreiflicher Weise nur eine einfache hin- und hergehende

Fig. 77.



Skizze einer Spiegelschleifmaschine.

Bewegung entstehen. Da aber statt dessen der leichte eiserne Rahmen CC, in welchem der Oberstein festsitzt, selbst wieder in der Verbindungsstange D mittelst einer drehbaren senkrechten Spindel E befestigt ist, so entsteht durch den Widerstand, welchen die Sandkörner leisten, außerdem eine rotirende Bewegung, deren Hinzutreten dieselben excentrischen Kreise hervorbringt, die sich bei der Handschleiferei so wirksam bewiesen haben. Um alle Punkte nach Bedürfniß vor-

nehmen zu können, ist das Gestell der Maschine in zwei aufeinander senkrechten Richtungen hin zu verschieben, kann alsdann aber sicher und einfach festgestellt werden. Wo dieses nicht ausreicht, hilft man sich durch das seitliche Aufkitten der Oberplatten und sucht so auch hier die erhabensten Stellen beider Platten über einander zu bringen.

Da beide Platten ziemlich gleichviel sich abnutzen, so wäre natürlich die Oberplatte längst gerade geschliffen, wenn die Unterplatte noch zum größten Theile die anfänglichen Höcker und Wellen zeigte. Man wechselt daher häufig mit den Oberplatten und zwar so, daß man sogleich eine neue einkittet, wenn die hauptsächlichsten Unebenheiten der früheren beseitigt sind. So kommt es denn, daß die ganze Anzahl derselben wohl drei- bis viermal nach einander umgekittet werden muß.

Ist die eine Seite der Unterplatte auf diese Art vollendet, d. h. ganz gleichförmig eben, wenn auch noch rauh und voller Ritzen, so muß die Verkittung gelöst und dieselbe Operation mit der andern Seite vorgenommen werden. Es muß hierbei besonders darauf gesehen werden, daß die beiden erzeugten Flächen genau parallel werden, da sonst der Spiegel schiefe Bilder zeigen würde. Kleine Abweichungen von diesem Parallellismus sind nur bei den besten Spiegeln von Bedeutung, da nach dem Belegen doch nur das Bild der hinteren Seite hervortritt.

b. Auf ganz dieselbe Weise erfolgt das Feinschleifen, nur daß hier statt des Sandes geschlemmter Schmirgel und zwar in immer feineren Sorten angewendet wird. Der Rückstand der vorigen Operation muß auf das sorgfältigste beseitigt werden, ehe man zu einer feineren Nummer übergeht, da ein einziges grobes Körnchen jedenfalls Ritzen hervorbringen würde. Auf diese Weise erhält die Platte endlich eine feinmatte Oberfläche, die durch die Operation des Polirens glänzend und durchsichtig wird.

c. Poliren. Hierbei fällt die Oberplatte weg, indem statt derselben Polirkissen angewendet werden. Dieselben bestehen aus einer Filzplatte oder einem weichen Leder, das über ein hölzernes Gestell gespannt und mit Gewichten beschwert ist. Als Polirmittel wird Eisenroth (Colcothar) oder Zinnasche angewendet, die natürlich sehr sorgfältig durch Schlemmen zu reinigen sind*)

*) Da dies eine sehr umständliche Operation ist und selten ganz vollkommene Produkte liefert, so ist vom Professor Vogel vorgeschlagen worden, die nöthige feine Vertheilung auf chemischem Wege zu erreichen. Er stellt zu diesem Ende aus oxalsaurem Kali und Eisenvitriol oxalsaures Eisenoxydul dar, wäscht den entstandenen gelben Niederschlag mit Wasser sorgfältig aus, trocknet ihn an einem

Die so erhaltene fertige Platte wird einer erneuten Revision unterworfen und nach dieser in passende, fehlerfreie Stücke zerschnitten, die nun zum Belegen kommen.

4. Das Belegen.

Dies geschieht noch heut zu Tage vorzugsweise mit einem Zinnamalgam und zwar auf folgende Weise. Auf einem großen, glatten Tische, der sogenannten Belegtafel, werden Blätter von Stanniol, d. h. sehr dünner Zinnfolie, ausgebreitet und glatt ausgestrichen, wobei ihre Ränder dicht an einander schließen, ja sogar etwas übergreifen müssen. Auf dieselben schüttet man reines, staubfreies Quecksilber in einer Schicht von mehreren Linien Stärke auf; dasselbe verbindet sich mit dem Zinn, ohne es doch ganz aufzulösen, so daß man annehmen kann, daß nach unten immer zinnreichere Schichten einander folgen. Die Spiegelplatte wird von allen Schmutz- und Staubtheilen sehr sorgfältig durch Abreiben mit feiner Holzasche und reinen Leintüchern gereinigt, da ein einziges eingeschlossenes Staubkörnchen unfehlbar einen Fleck auf dem fertigen Spiegel hervorbringen würde, und nun mit einer Kante voran auf das Quecksilber aufgeschoben. Es wird dadurch die immer noch auf der Oberfläche des Quecksilbers schwimmende, unmerkliche Schmutzschicht vor der Glasplatte hergetrieben, eine Operation, welche die absolute Reinheit der berührenden Flächen und damit die vollständige Adhäsion des Amalgams bewirkt. Durch allmähliges Neigen des Belegtisches, sowie durch Beschweren der belegten Platte mit Gewichten wird das vollständige Ablaufen des Quecksilbers erzielt. Würde sich irgendwo noch ein Tropfen Quecksilber verhalten, so würde derselbe bei dem nachherigen Aufrichten der Platte unfehlbar an dieser herabrinnen und das Amalgam stellenweise mit sich nehmen, wodurch dann die sogenannten Würmer in der Belegung entstehen. Man dreht schließlich die Platte um, so daß der Beleg nach außen kommt, und stellt sie senkrecht auf, indem man unter die Kante etwas Zinnkrätze legt, welche das abziehende Quecksilber begierig aufnimmt.

Die Gefährlichkeit des Quecksilbers für die Gesundheit der Arbeiter, die große Menge desselben, die nutzlos angewendet werden muß, und andere hiermit verknüpfte Uebelstände veranlaßten Drayton ein neues

---

staubfreien Orte und glüht ihn gelinde in einem eisernen Kessel. Hierbei bleibt ein feiner Eisenschwamm zurück, der sich sodann an der Luft entzündet und zu äußerst fein vertheiltem Eisenoxyd verglimmt. Auf ganz ähnliche Weise soll auch das Zinnoxyd bereitet werden. Für das Poliren optischer Gläser sollen sich diese so bereiteten Substanzen vortrefflich bewährt haben, für Spiegel möchten sie indessen zu theuer zu stehen kommen.

Verfahren zum Spiegelbelag aufzusuchen, welches auf einer chemischen Ausscheidung von Silber auf der Glasfläche beruht.

Wir kennen viele Körper, sowohl organischer, als unorganischer Natur, welche das Silber in metallischer Form aus seinen Lösungen niederschlagen. Aus mannigfaltigen Gründen sind indessen nur wenige zu dem hier vorliegenden Zwecke vollkommen tauglich und zwar nur diejenigen, welche bei gewöhnlicher Temperatur das Silber ohne Gasentwickelung und in zusammenhängender, glänzender Schicht reduciren. Dieser natürlich eng begrenzte Kreis von Reductionsmitteln führte Drayton auf folgende Mischung und Methode: Er löst möglichst neutralem geschmolzenen Höllenstein in Wasser, setzt Aetzammoniak und eine Auflösung von Cassiaöl in Weingeist zu. Die Verhältnisse sind: auf 1 Unze Höllenstein 3 Unzen Weingeist und 20 Tropfen Cassiaöl. Diese Flüssigkeit wird auf der mit einem Rande von Baumwachs versehenen, völlig horizontal gelagerten Spiegelplatte in einer einige Linien dicken Schicht ausgebreitet und hierauf die reducirende Flüssigkeit zugesetzt, die in einem Gemisch von 3 Theilen Weingeist und 1 Theil Gewürznelkenöl besteht. Nach einiger Zeit bekleidet sich die Glastafel mit einer festanhaftenden weißen und vollkommen spiegelnden Schicht von reinem Silber, deren Dicke indessen so gering ist, daß ein Quadratfuß Belegung nur etwa 18 Gran wiegt und das Verfahren sich somit sogar noch billiger herausstellt, als die Quecksilberbelegung. Wenn man auf dem Belege durch den galvanischen Strom erst noch eine Schicht Silber, dann aber Kupfer niederschlägt, so erhält man silberplattirte Kupferplatten, die eine absolut vollkommene Politur zeigen und sich vortrefflich zu Daguerreotypbildern eignen. Auch könnte man über einer richtig geschliffenen Glaslinse auf diesem Wege sehr vollkommene optische Metallspiegel darstellen. Daß diese Methode noch keine ausgebreitetere Verwendung gefunden hat, rührt daher, daß der Beleg nach einiger Zeit unangenehme braune Flecke bekommt, deren Grund in eingeschlossenen Theilchen der ätherischen Oele zu suchen ist, die sich mit der Zeit verharzen.

Das Bleiglas, Kristallglas, Flintglas, Straß. In Ländern, die zum Glasschmelzen auf Steinkohlen angewiesen sind, können zu feineren Glassorten nur bedeckte Häfen angewendet werden. Da indessen in diesen die Temperatur wesentlich niedriger ist, so wird dadurch ferner ein sehr leicht schmelzbarer Satz, wie ihn nur das Bleiglas liefern kann, zur Nothwendigkeit. Der schöne Glanz, die Durchsichtigkeit und Farblosigkeit, die starke Lichtbrechung und der schöne Klang, endlich die leichte Form- und Schleifbarkeit empfehlen dies Glas ganz besonders, und so finden wir denn in England

und zum Theil auch in Belgien und Frankreich für bessere Glassorten nur das Bleiglas angewendet. Die hervorstechenden optischen Eigenschaften sind besonders an das Bleioxyd geknüpft, und in Folge davon wird es dem Flintglas und Straß in steigenden Verhältnissen zugesetzt.

Das Kristallglas. Um die höchst mögliche Farblosigkeit desselben zu erzielen, darf neben dem Bleioxyd kein Natron angewendet werden, da die eigenthümliche blaugrüne Natronfärbung bei Gegenwart von Bleioxyd in gesteigertem Maaßstabe auftritt. Es ist demnach nur das Bleioxydkaliglas anwendbar, das gewöhnlich in dem einfachen Verhältnisse von 3 Theilen Sand, 2 Theilen Mennige und 1 Theil Pottasche zusammengeschmolzen wird. Daß natürlich möglichst reine Materialien angewendet werden, begreift sich von selbst. Der Zusatz von Entfärbungsmitteln ist beschränkt, indem die Mennige selbst als solches fungirt. Der Zusatz von Braunstein ertheilt dem Bleiglase leicht einen röthlichen Ton, der indessen durchaus nicht unangenehm ist.

Vor allem muß die Reduction des Bleioxyds vermieden werden und es unterbleibt daher das sogenannte Pohlen mit Holz ꝛc. Da indessen gerade das Bleiglas die unangenehme Eigenschaft hat, sich in verschiedenen Schichten zu sondern, die nach unten zu immer bleireicher und lichtbrechender werden, was sich im fertigen Glase als Schlieren zu erkennen giebt, so ist ein Aufrühren unerläßlich. Am besten geschieht es durch Anwendung der arsenigen Säure.

Die Bearbeitung des Bleiglases ähnelt im Ganzen dem beim weißen Hohlglas erwähnten Verfahren sehr, nur werden hier, wo überwiegend façonirte und geschliffene Artikel gangbar sind, gravirte Messingformen in großer Ausdehnung angewendet, und obwohl das Glas wegen seiner Zähflüssigkeit nur rundkantige Abdrücke liefert, so erleichtert diese vorläufige Formgebung doch das nachfolgende Schleifen sehr.

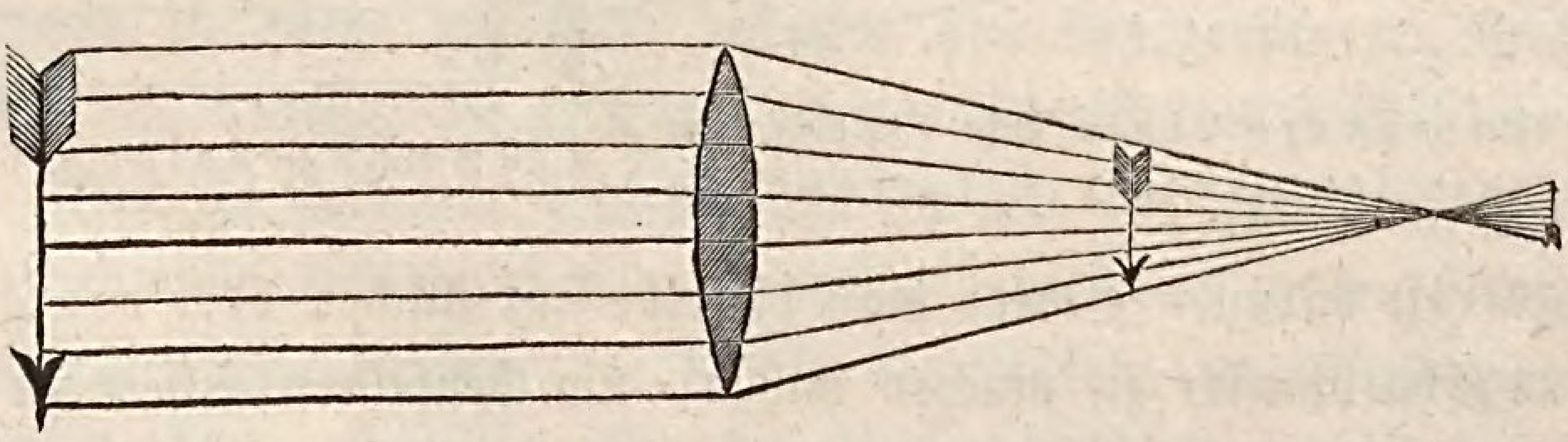
Die große Dünnflüssigkeit des Bleiglases macht es möglich, aus demselben auch gepreßte Artikel, wie Teller, Salzgefäße ꝛc. mit großer Leichtigkeit herzustellen. Man bedarf dazu einer einfach construirten Schrauben- oder Hebelpresse, auf deren gravirten Untertheil ein von der Pfeife abgeschnittener Glasklumpen gelegt wird, worauf durch rasches Herunterdrücken des manchmal ebenfalls gravirten Oberstempels die Pressung erfolgt.

Das Schleifen zerfällt wie bei den Spiegeln in das Rauhschleifen, das Feinschleifen und das Poliren. Die Schleifbank ist, was den Bewegungsmechanismus anbelangt, einer gewöhnlichen Drehbank sehr ähnlich und wird entweder mit dem Fuße, oder in größeren Anstalten durch Maschinen-

kraft in Bewegung gesetzt. Zur Bildung der tausendfach verschiedenen Formen dienen allein flache Scheiben von größerer oder geringerer Breite und Durchmesser, an deren rasch umlaufenden Rand das zu schleifende Arbeitsstück angehalten wird. Nur größere flache Façetten werden durch Anhalten an die Scheibenfläche dargestellt, da sie sonst immer etwas ausgeschweift erscheinen würden. Das Material der Scheiben ist Sandstein, Eisen oder Kupfer. Das Rauhschleifen, welches die Form giebt, erfolgt häufig auf dem Sandstein allein, während bei Eisen- und Kupferscheiben mit Wasser angemachter Sand als Schleifmittel dient, der sich in die weichen Metalle eindrückt. Es ist zu diesem Ende oberhalb der Scheibe ein Trichter angebracht, aus dem der feuchte Sandbrei auf die Scheibe fällt. Zum Feinschleifen, welches die vom Sand gelassenen Risse beseitigen soll, wird Schmirgel angewendet. Für das Poliren benutzt man theilweise Scheiben von Zinn, Holz oder Kork, und als Polirmittel wird ebenso wie bei den Spiegeln Colcothar, Zinnasche, ja selbst feines Holzkohlenpulver angewendet. Eine der üblichsten Verzierungen ist der Brillantschnitt, wodurch kleine niedrige Pyramiden entstehen, deren Flächen das eigenthümliche Farbenspiel des Bleiglases am besten hervortreten lassen. Namenszüge, Punkte, Striche, kurz ganze Zeichnungen werden mit sehr kleinen Kupferscheibchen, die oft noch kleiner als ein Silbersechser sind, eingeschliffen, und ein schöner Effect wird hierbei häufig dadurch erzielt, daß man mattgeschliffene Stellen mit polirten abwechseln läßt. Analog den später beim Porcellan zu erwähnenden Lithophanien deuten gewisse Producte der Schleiferei durch die verschiedene Dicke des Glases Abwechselungen von Licht und Schatten an, so daß dadurch wahrhaft lebenvolle Zeichnungen entstehen.

Das Flintglas. Zu den bei optischen Instrumenten am häufigsten angewendeten Gläsern gehören die concaven oder convexen Linsen. Ihre Wirkung beruht bekanntlich auf der größern Brechungsfähigkeit des Glases für Lichtstrahlen, so daß z. B. bei einer doppelt oder einfach convexen Linse, die auf der gewölbten Fläche parallel einfallenden Lichtstrahlen ihre Richtung im Glase dergestalt verändern, daß sie sich hinter dem Glase in einem

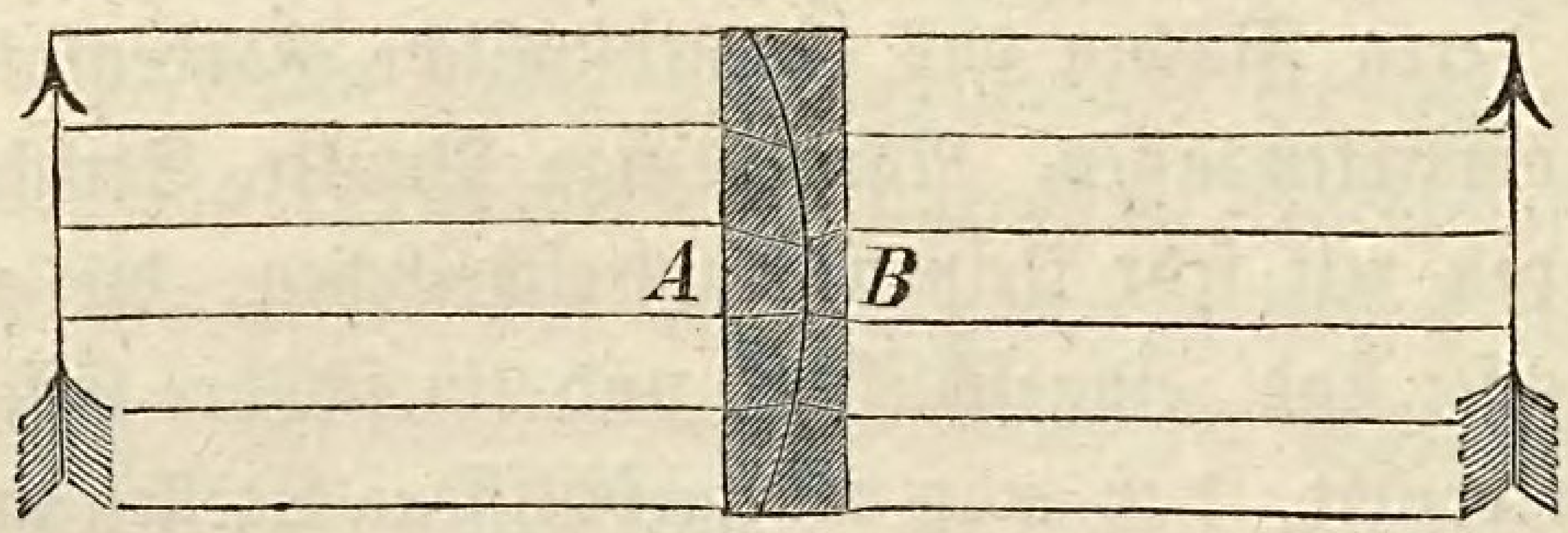
Fig. 78.



Doppelconvexlinse.

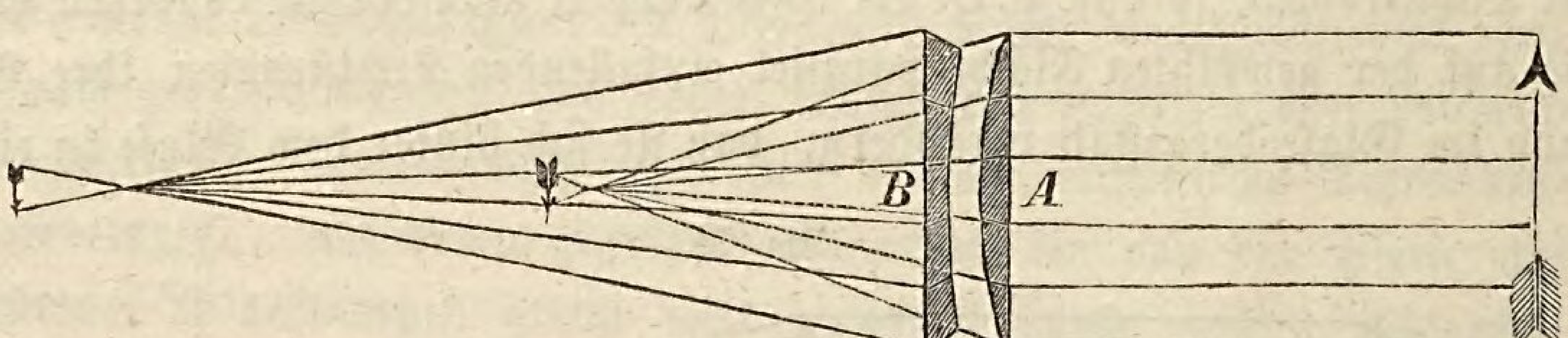
Punkte schneiden, in welchem Punkte sich demnach ein verkleinertes, aber schärfer beleuchtetes Bild des Gegenstandes abbildet (s. Fig. 78). Wäre das auffallende Licht homogen, d. h. roth, blau, gelb, so würde diese einfache Linse allen den hier gestellten Forderungen vollständig entsprechen. Das weiße Licht indessen, das fast ausschließlich zur Anwendung kommt, besteht aus verschieden gefärbten Strahlen, die einen sehr verschiedenen Grad von Brechbarkeit besitzen und also durch eine einfache Linse nicht in einem Punkte zu vereinigen sind. Durch diese sogenannte Farbenzerstreuung entstehen die farbigen Ränder um die Linsenbilder, die so sehr störend einwirken. Wie dem nun abhelfen? Die verschiedenen Glassorten haben einmal nicht dieselbe Brechungskraft, andererseits aber auch nicht dieselbe Farbenzerstreuung, und zwar steigt letztere bei den bleireichen Gläsern in einem stärkern Verhältnisse, als die erstere. Denken wir uns eine planconvexe Linse A mit einer planconcaven Linse B von demselben Glase vereinigt (Fig. 79 a), so werden sie, wenn ihre Krümmungshalbmesser gleich sind, wie ein Glas mit parallelen Flächen wirken, d. h. parallel auffallende Lichtstrahlen parallel durchgehen lassen. (Linsencombination A Fig. 79a.) Hat das concave Glas eine geringere Vertiefung, so wird durch seine Einschaltung die Wirkung der stärker gewölbten Linse nur partiell aufgehoben, der Vereinigungspunkt der Strahlen nur etwas weiter hinter die Linse verlegt werden. (Linsencombination B Fig. 79b). Sollte selbst die Substanz der concaven Linse eine größere

Fig. 79 a.



Planconcave und planconvexe Linse von demselben Glase und demselben Krümmungshalbmesser.

Fig. 79 b.



Planconvexe Linse mit kleinerem } Krümmungshalbmesser.
Planconcave Linse mit größerem }

Brechungskraft haben, so wird man dieselbe nur flächer oder von größerem Krümmungshalbmesser zu machen haben, um denselben Effect zu erzielen (Linsencombination C).

Gleichzeitig mit der Brechung wird auch die Farbenzerstreuung durch Linsencombination A aufgehoben. Bei Linsencombination B würde noch eine kleine Farbenzerstreuung übrig bleiben. Bei Linsencombination C dagegen kann man sich denken, daß wohl noch eine Brechung zurückbleibt, während die Farbenzerstreuung vollständig aufgehoben wird, indem letztere bei bleireichen Gläsern stärker wächst, als der Brechungsexponent. Dies sind die sogenannten achromatischen Linsencombinationen, im einfachsten Falle bestehend aus einer convexen Linse von gewöhnlichem bleifreiem, böhmischem Glase (Crownglas) und einer concaven Linse (von viel größerem Krümmungshalbmesser) von sehr bleireichem Glase, dem sogenannten Flintglase. Der Name für letzteres leitet sich von dem englischen Worte Flint, Feuerstein ab, welcher als sehr reine Kieselerde zu seiner Anfertigung ursprünglich angewendet wurde.

Die Darstellung dieses Flintglases, besonders in hinreichend voluminösen, zu großen Fernrohrlinsen brauchbaren Massen, ist mit unendlichen Schwierigkeiten verknüpft, und obgleich die Aufgabe von den berühmten Optikern Frauenhofer, Guinand und Bontemps mit Erfolg gelöst, ist doch der Preis solcher fehlerfreien, großen Flintglaslinsen noch heut zu Tage ein unverhältnißmäßig hoher.

Die Zusammensetzung des Flintglases ist eine sehr einfache. Beispielsweise besteht ein Satz dazu nach Guinand aus 100 Kgr. Mennige, 100 Kgr. Sand und 30 Kgr. reinem kohlensaurem Kali, und das daraus gefertigte Glas wird demnach

c. 45 % PbO
45 % Kieselsäure,
10 % Kali

enthalten.

Auch Borax, Salpeter, Arsenik 2c. werden in größerer oder geringerer Menge zugesetzt. Die angegebene Mischung ist derartig gewählt, daß eine Entglasung trotz der sehr langsamen Abkühlung nicht so leicht stattfindet. Die Färbung ist etwas grünlich, indessen hier von geringerer Wichtigkeit. Sorgfältig sind dagegen die Blasen und die Streifen oder Winden zu vermeiden. Das Freisein von Blasen läßt sich bei der Leichtflüssigkeit dieses Glases durch ein sorgfältiges Läutern leicht erreichen; auch schaden kleine Blasen weniger, da sie nur die Theile der Linsen, wo sie sitzen, optisch unwirksam machen. Dagegen sind Streifen und Winden, die eine von der

übrigen Masse verschiedene Brechbarkeit besitzen, absolut zu vermeiden, *) und gerade dieser Uebelstand tritt bei den sehr bleireichen Gläsern besonders hervor. Je flüssiger das Glas zum Behuf des Läuterns gemacht werden muß, je längere Zeit dieses Läutern dauert, desto mehr werden sich die bleireichen Silicate nach unten senken und so Schichten bilden, deren specifisches Gewicht von oben nach unten von 3,21—4,04 zunimmt.

Sie trennen sich einerseits nie scharf, sie mischen sich andererseits nur sehr unvollständig und müssen demnach fast unausbleiblich Streifen und Winden veranlassen.

Das Verfahren von Guinand bietet folgenden Versuch der Abhilfe. In einem gut ziehenden Windofen steht auf einem centralen Untersatze der zum Schmelzen des Flintglases bestimmte Hafen, der mit einer nach außen mündenden Haube bedeckt ist. Das Feuer wird auf dem ringförmigen Roste mit gut flammender Steinkohle lebhaft unterhalten und sobald die Schmelzung erfolgt ist, wird in den Hafen ein unten geschlossener Cylinder von feuerfestem Thon eingeführt, der vorher zur Weißgluth erhitzt worden ist. In die obere Oeffnung desselben wird ein hackenförmiges Eisen gesteckt, welches ein kräftiges Rühren erlaubt, das in Zwischenräumen wiederholt wird, bis die Läuterung vollkommen ist. Ist dieser Punkt erreicht, so wird der Rost zum letzten Male mit Brennmaterial beschickt und nun ohne Unterbrechung mit dem Rühren fortgefahren, bis das allmälige Zäherwerden des erkaltenden Glases den Cylinder einzuschließen droht. Ist dieser Punkt einmal erreicht, so kann man ihn ohne Besorgniß entfernen, weil das auf diesen Punkt gelangte Glas keine Sonderung mehr erfährt. Man verschließt alle Zugöffnungen und läßt sehr langsam erkalten. Der Hafen wird von der Glasmasse losgeschlagen und diese dann an zwei gegenüberliegenden Flächen so weit angeschliffen, um ein deutliches Durchsehen zu erlauben. Die dabei am homogensten erscheinenden Schichten werden herausgeschnitten und in eine Bronzeform eingelegt, welche sich der später durch Schleifen zu ertheilenden Form nach Möglichkeit nähert. Man erhitzt dieselbe in einer Muffel bis zum Erweichen des Glases und unterwirft sie dann einem kräftigen Drucke, worauf man wiederum langsam erkalten läßt.

---

*) Wie sehr dies nöthig ist, geht daraus hervor, daß der Vorschlag, stark lichtbrechende Flüssigkeiten, z. B. ätherische Oele, nachdem sie zwischen zwei Gläsern in eine Fassung eingeschlossen, statt der Flintglaslinsen zu verwenden, nur daran gescheitert ist, daß in denselben durch den geringsten Temperaturwechsel Schichten von ungleicher Brechbarkeit entstehen, die sich vielfältig mischen und das Bild vollständig trüben.

Faraday hat zu Flintglas eine Verbindung von kieselsaurem und borsaurem Bleioxyd ($3PbO + BoO^3 + SiO^3$) empfohlen, die in Platingefäßen zusammengeschmolzen werden sollte. Doebereiner hat Wismuthoxyd und Strontian statt des Bleioxydes vorgeschlagen.

Straß. Künstliche Edelsteine. Schon im Alterthum wurde das damals so seltene Glas zur Nachahmung der Edelsteine benutzt. Durch die Fortschritte der Wissenschaft ist dieser Zweig der Fabrikation so weit gediehen, daß mit einziger Ausnahme der Härte kaum irgend ein Unterschied zwischen den ächten und unächten Steinen aufgefunden werden kann. Besonders in Paris ist der Sitz dieser Fabrikation, und eine der bekanntesten Firmen ist die von Austrich. Als Basis dieser Glasflüsse dient immer ein bleireiches, vollständig farbloses und durchsichtiges Glas, der Straß, das eine sehr große specifische Schwere und äußerst starke Lichtbrechungsfähigkeit, dagegen aber eine nur unbedeutende Härte besitzt. Der Satz dazu besteht aus gemahlenem Bergkrystall, gereinigtem Aetzkali und Mennige oder Bleiweiß, ziemlich in dem Verhältnisse 2 : 1 : 3, indem noch eine kleine Menge Boraxsäure und zur vollständigen Entfärbung arsenige Säure zugegeben wird. Dieser Satz wird in hessischen Schmelztiegeln eingeschmolzen, indem man sie am besten den Brand eines Porcellanofens mitmachen läßt. Aus der im Tiegel erkalteten Masse werden dann Stücke herausgesprengt, die durch Anschleifen von Façetten zu den bekannten imitations de diamant verarbeitet werden. Die dazu angewendete Schleifmaschine besteht aus einer horizontal rotirenden Schleifscheibe von Kupfer und einem darüber befindlichen Gestell, das nach verschiedenen Richtungen mittelst Kugelgelenk gedreht werden kann, und mit einem genauen Gradbogen versehen ist, der es erlaubt, den Winkel der verschiedenen Façetten genau zu bestimmen.

Die Angaben des Apothekers Schneider in Berlin, der sehr vorzügliche Resultate erzielt haben soll, weichen darin etwas ab, daß er seinen Flüssen einen bedeutend geringeren Bleioxyd — aber einen gesteigerten Boraxgehalt gab. Diese Masse ist natürlich bedeutend härter, als die oben angegebene. Die Farben, welche die anderen Edelsteine zeigen, werden durch Zusatz kleiner Quantitäten färbender Metalloxyde ertheilt, ganz auf dieselbe Weise wie bei den farbigen Gläsern, die unten angeführt werden sollen. Es ist hierbei zu berücksichtigen, daß es nicht darauf ankommt, möglichst reine und intensive Farben zu geben, sondern Farben, welche denen der natürlichen Edelsteine möglichst nahe kommen. Die Pariser Fabrikanten gehen darin soweit, daß sie selbst die kleinen Sprünge, die sich in manchen natürlichen Edelsteinen, z. B. im Smaragd, constant finden, nachzuahmen gesucht haben.

Farbige Gläser. Email. Avanturin. Glasmalerei. Die Färbungen der Borax- und Phosphorsalzperlen, die in der Löthrohranalyse eine so wichtige Rolle spielen, rühren, wie bekannt, von kleinen Mengen verschiedener Metalloxyde her, die sich in den sauren Salzen der Borax- und Phosphorsäure auflösen. Ganz analoge Färbungen erzielt man durch Zusammenschmelzen dieser Metalloxyde mit dem gewöhnlichen Glase und wendet die so entstandenen farbigen Gläser zum Anfertigen verzierter Glasgeräthschaften, sowie zur Glas- und Porcellanmalerei an.

Die Grundlage aller derselben ist ein möglichst farbloses, reines Glas, das je nach der Intensität mit wechselnden Mengen der Oxyde versetzt wird. Wegen der größeren Weichschmelzbarkeit und Lichtbrechungsfähigkeit werden die Bleioxydkaligläser vorgezogen. Die verschiedenen Farben werden, wie folgt, erhalten.

1) Blau. Diese Farbe wird am reinsten und fast ausschließlich durch Kobaltoxyd oder kobalthaltige Substanzen, wie Zaffer, Smalte, erzielt. Sie ist von unübertrefflicher Schönheit und Reinheit, besonders wenn die Gegenwart von Eisen nach Möglichkeit vermieden wird. Bei Lampenlicht erscheint sie indessen mehr violett und schmutziger. Wird dem blauen Glase Zinnasche oder feines Pulver von weißgebrannten Knochen zugesetzt, so erhält man ein undurchsichtiges Glas von matter, himmelblauer Farbe. Ein dem ächten Türkis ähnliches Glas erhält man bei diesen Zinnoxyd haltigen Gläsern auch durch Zusatz von Kupferoxyd, das bei durchsichtigem Glase nur grün färbt. In großer Ausdehnung wurde früher ein intensiv blau gefärbtes Glas unter dem Namen Smalte direkt aus den Kobalterzen dargestellt und vorzugsweise zum Bläuen der Wäsche und als Anstreichfarbe verwendet.

Wenn auch in Folge der Entdeckung und ausgebreiteten Verwendung des künstlichen Ultramarins die Darstellung der Smalte sehr beschränkt worden ist*), so bleibt sie immer doch erwähnenswerth. Das Kobalt kommt als Glanz- und Erdkobalt, besonders in Verbindung mit Arsenik, Schwefel und Eisen vor. Ein schwer zu entfernender Zwillingsbruder ist das Nickel. Man beseitigt den Arsenik zum größeren Theile durch ein sorgfältiges Rösten und schmilzt das erhaltene Product mit Kieselsäure, Pottasche und etwas Kohlenpulver in den gewöhnlichen Glashäfen zusammen. Der erwähnte Röstrückstand enthält neben Kobalt- und Nickeloxyd noch sehr bedeutende Mengen von arsenigsaurem Eisenoxyde. Durch den Kohlenzusatz wird dieses ebenso

---

*) Die berühmten sächsischen Blaufarbenwerke sollen jetzt nur noch nach China und Japan Absatz finden.

wie das Nickeloxyd reducirt, sammelt sich als sogenannte Speise*), eine Verbindung von Arsenicknickel und Arsenikeisen, am Boden des Tiegels an, und wird durch Oeffnen eines Stichloches herausgelassen, während das blaugefärbte Kobaltglas oben abgeschöpft und in kaltem Wasser abgeschreckt wird, wodurch eine leichtere Zerkleinerung desselben vorbereitet wird.

Das Kobaltglas wird unter Mühlsteinen, analog den bei den Thonwaaren zu erwähnenden Glasurmühlen, fein gemahlen und durch Schlemmen die verschiedenen Sorten von Streublau, feinem Eschel &c. erhalten.

Es ist wahrscheinlich, daß dieses alkalireiche Glas dabei eine partielle Zerlegung erfährt, wodurch eine schönere Nüançirung der Farbe erreicht wird. Wenigstens zeigt der Sumpfeschel, der sich am Ende der Schlemmbottiche absetzt, selbst nach dem Zusammenschmelzen keineswegs die reine Farbe, wie die besseren Sorten.

2) Grün. Ein etwas starker Eisenoxydulgehalt ertheilt dem Glase eine laubgrüne — olivengrüne Färbung, die indessen keineswegs einen günstigen Effect macht. Das Kupferoxyd liefert ein schönes Smaragdgrün, das Chromoxyd ein reines und feuriges Grasgrün. Endlich giebt das gelbe Uranoxydnatron die den meisten Uransalzen eigenthümlichen grüngelben Farbennüançen, die unter dem Namen Canarienglas vor einiger Zeit sehr beliebt waren.

3) Violett wird nur durch Manganoxyd erzeugt, wobei indessen durch Zumischung von Salpeter oder anderen Oxydationsmitteln dafür gesorgt werden muß, daß dasselbe nicht zu Oxydul reducirt wird. Nur mit Bleiglas ist dieses Violett in voller Schönheit zu erhalten.

4) Gelb tritt, freilich in unschöneren Nüançen, häufig in den Gläsern auf. So erhält man es z. B. durch Eisenoxyd, ebenso durch Schwefelalkalien oder Kohle. Es ist dies das allbekannte braunrothe Gelb, welches die Rheinweinflaschen zeigen. Daß der Schwefel als Schwefelalkali in dem Glase aufgelöst ist, läßt sich aus der ganz analogen Auflösung anderer

---

*) Kleine Körnchen derselben, welche in feiner Vertheilung in der Masse zurückbleiben, lassen sich auch durch das Schlemmen nicht vollständig entfernen und geben, indem sie sich an der Luft oxydiren, zur Bildung von arsenigsauren Salzen Veranlassung, von denen die oft der Smalte zum Vorwurf gemachte Verunreinigung mit Arsenik herrührt. Die allmälige Entwerthung der Kobaltfarbe fand in dem steigenden Preise des Nickels ihr Gegengewicht, indem letzteres ein unentbehrlicher Bestandtheil des immermehr angewendeten Argentans ist, und so muß denn die früher als nutzlos weggeworfene Speise einen großen Theil der Kosten decken.

Schwefelmetalle in Schlacken entnehmen. Ob die Kohle direct von dem Glase aufgelöst wird, ob sie etwa Silicium reducirt, oder ob sich ihre Wirksamkeit nur auf die Reduction von beigemengten schwefelsauren Salzen erstreckt, ist noch nicht definitiv festgestellt.

Dr. Splittgerber hat in der neuesten Zeit Versuche veröffentlicht, welche einerseits die intensive braungelbe Färbung des Glases durch ein Gemenge von Glaubersalz und Kohle zur Evidenz erhoben haben, andererseits aber die merkwürdige Eigenschaft solchen Glases nachgewiesen haben, durch längeres Erhitzen zur dunkeln Rothgluth immer dunkler und endlich fast schwarz zu werden. Durch stärkeres Erhitzen bis zum Erweichen hellt sich das Glas wieder auf. Es sind dies wahrscheinlich analoge Erscheinungen, wie diejenigen, die später beim Kupferoxydul- und Goldglase erwähnt werden sollen.

Eine bei weitem schönere, rein gelbe Farbe erzeugt man mittelst Antimon, indem man meistens die Verbindung von Antimonoxyd — Schwefelantimon anwendet, welche als Spießglanzglas bekannt ist. Sehr eigenthümlich und nur für oberflächliche Verzierungen geeignet ist die Anwendung des Silbers. Chlorsilber wird mit Thon zu einem Brei angemacht und dieser auf das gelb zu färbende Glas in schwacher Lage aufgetragen, worauf man nach dem Trocknen das Glas einer sehr gelinden Glühhitze aussetzt, die keinenfalls bis zur vollständigen Erweichung gehen darf. Der Ueberzug wird nach dem Erkalten abgenommen, und man findet dann, daß das Glas bis zu einer gewissen Tiefe prächtig citronengelb gefärbt ist. Jeder Chemiker, der einmal ein organischsaures Silbersalz der Elementaranalyse unterworfen hat, kennt die eigenthümliche, bläulich irisirende Gelbfärbung der angewendeten Glasröhren.

5) Roth und zwar in sehr schönen Nüançen färbt man das Glas durch zwei Substanzen, nämlich durch Kupferoxydul und Gold. Das Kupferoxydulglas ist schon im Alterthum bekannt gewesen, wie dies die auf Capri aufgefundenen Glaspasten beweisen.

Das prachtvolle Roth, das man an den Kirchenfenstern des Mittelalters bewundert, rührt ebenfalls nur von Kupferoxydul her.

Dem Irrthume, der in diesen Scheiben ein sehr intensives Goldglas vermuthete, mußten während der französischen Revolution die schönsten Kunstwerke der Glasmalerei zum Opfer fallen. Erst in diesem Jahrhundert ist es besonders durch die Bemühungen des Dr. Engelhardt gelungen, die Erzeugung dieses Rothes zu einer ziemlich sichern Operation zu machen. Als Basis dient ein stark bleioxydhaltiges Glas, dem nur geringe Mengen

von Kali zugesetzt werden. Man fügt nach dem Schmelzen etwa 3 Procent Kupferoxydul, wie man es in Form von Kupferasche durch Glühen des Kupfers an der Luft erhält, hinzu und vermeidet nach Möglichkeit oxydirende Einflüsse, die ein grünes Kupferoxydglas bilden und das sogenannte Durchgehen des Glases bewirken würden. Man kann diesem Uebelstande durch Zusatz reducirender Mittel leicht begegnen. Als solche ist das Pohlen mit grünem Holze, der Zuschlag von Ruß, verkohltem Weinstein ꝛc. empfohlen worden. Durch Zuschlag von Eisenfeilspänen, Hammerschlag ꝛc. wird die Reduction ziemlich leicht bewirkt. Erfolgt dieser Zusatz nur in kleinen Mengen, so kann er das Glas durch Beimengen von etwas Gelb schön scharlachroth nüançiren; durch zu viel Eisen dagegen, besonders wenn dieses nicht vollständig in Oxyd umgewandelt wird, fällt das Glas sehr unangenehm braunroth aus, indem sich die grüne Färbung des Eisenoxyduls beimischt. Einige Vorschriften lassen noch etwa $1^1/_2$ Procent Zinnasche hinzufügen. Soll dieselbe reducirend wirken, so muß sie noch grau, d. h. zinnoxydulhaltig, nicht weiß, d. h. reines Zinnoxyd sein. Das erstere ist ein besonders kräftiges Reductionsmittel, das letztere würde die vorwaltende Neigung des Kupferoxydulglases, leberig, undurchsichtig roth zu werden, nur steigern. Ob dieses Leberigwerden von einer Ausscheidung von reinem Kupferoxydul oder vielleicht von einer anfangenden Kristallisation herrührt, ist nicht nachgewiesen.

Ein taugliches Kupferoxydulglas muß nach dem Schmelzen und Abschrecken durchsichtig und schwach grünlich sein, beim Wiedererwärmen und langsamen Abkühlen dagegen intensiv roth anlaufen. Es ist dies dieselbe Erscheinung, die auch bei dem Goldglase auftritt und dort näher betrachtet werden soll.

Schon die erwähnte kleine Quantität Kupfer genügt, um das Glas äußerst intensiv, fast undurchsichtig roth zu färben. Massive, ganz aus diesem Glas gearbeitete Artikel werden daher fast nie angefertigt, und man wendet es nur als Ueberfangsglas an. Zu diesem Ende wird das rothe Glas aus dem Hafen zu etwa zollstarken Zapfen verarbeitet, die nun bei der Arbeit im Glasofen so weit erhitzt werden, daß man ein passend großes Stück derselben mit der Scheere abschneiden kann. Man unterscheidet nun Ueberfangen von außen oder zwischen zwei Schichten. Im ersteren Falle wird ein weißer Glasklumpen an die Pfeife genommen, das abgeschnittene Stück Rothglas auf demselben durch Anwärmen, Rollen und Streichen möglichst sorgfältig ausgebreitet, worauf nun die weitere Verarbeitung folgt. Im andern Falle wird nur eine sehr kleine, weiße Glaskugel

gebildet, auf der das rothe Glas ausgebreitet wird, und nun hierüber durch Eintauchen ein genügend großer Ballen Weißglas formirt.

Diese beiden Methoden, obgleich sie im Effect einander sehr nahe kommen, differiren wesentlich, wenn das weiße und rothe Glas einen verschiedenen Ausdehnungscoefficienten zeigen. Im ersten Falle und wenn das weiße Glas sich stärker zusammenzieht, als das rothe, bilden sich im letzteren feine Sprünge, ohne daß es jedoch sich vom Weißglase ablöst. Im zweiten Falle des Ueberfangens, zwischen zwei Schichten, bleibt das Weißglas ganz und vermag auch das Kupferoxydulglas nicht zusammenzudrücken, da hier die Kugelwölbung widersteht, aber die rothe Schicht löst sich von der weißen in zusammenhängenden Blättern ab.

Das ganze Geheimniß des Kupferoxydulglases, das einige Glashütten sorgfältig bewahren, beruht meiner Ueberzeugung nach nur auf der Wahl des Glases, das mit demselben überfangen wird. Hat das weiße Glas nahezu denselben Ausdehnungscoeffieienten, wie das rothe, so gelingt das Ueberfangen leicht, während man im entgegengesetzten Falle nur höchst selten fehlerfreie Waare produciren wird. Beim Ueberfangen von außen kann man die dünne Kupferoxydulglasschicht durch Wegschleifen partiell beseitigen und erzielt so sehr schöne Effecte, die sich dadurch noch variiren lassen, daß man nicht allein weißes, sondern auch anders gefärbtes, ja undurchsichtig weißes Glas zur Grundlage wählt.

Noch unerklärlicher als bei Kupferoxydul sind die Vorgänge, die der Erzeugung des Gold- oder echten Rubinglases zu Grunde liegen. Man kann durch Gold in passenden Verhältnissen und unter Zusatz von Silber und Antimonpräparaten sehr verschiedene Nüançen des Roths, vom Rosa bis zum schönsten Scharlach und dunkelsten Purpur erzeugen. Der bekannte Alchymist Kunkel, den ich schon bei der Geschichte des Phosphors erwähnt habe, war der erste, der das Gold zu dieser schönen Färbung anwandte. Er bediente sich des schon früher von Cassius aufgefundenen Goldpurpurs, der durch Fällung einer möglichst neutralen Goldchloridlösung mit einer sehr verdünnten Mischung von Zinnchlorür uud Zinnchlorid erhalten wird. Der berühmte Chemiker Fuchs in München hat nachgewiesen, daß die erwähnten Zinnsalze, um ein vorzügliches Präparat zu erzielen, im Verhältniß gleicher Aequivalente gemischt sein müssen. Durch Zinnchlorür allein erhält man nur einen braunen Niederschlag, wahrscheinlich von metallischem Gold. Ein Ueberschuß der Fällungsmittel muß vermieden werden. Die Verdünnung der Goldsolution ist eine zweite wichtige Bedingung, und auf 1 Theil Gold sollten mindestens 360 Theile Wasser

angewendet werden. Bei dieser Verdünnung fällt der Purpur aus der intensiv dunkelroth gefärbten Flüssigkeit erst nach 24 Stunden vollständig nieder, zeigt sich aber auch dann von einer besonderen Schönheit und Feuer.

Die Analyse weist in demselben Gold, Zinn und Sauerstoff nach, letztere beide in dem Verhältnisse SnO^2, das dem Zinnoxyd zukommt. Mehrfache Reactionen machen es indessen wahrscheinlich, daß der Sauerstoff zwischen Zinn und Gold vertheilt ist. Der Goldpurpur wird jetzt fast nur in der Porcellan- und Glasmalerei benutzt. Das Goldrubinglas dagegen wird meistens dargestellt, indem man den zum Glasschmelzen bestimmten Sand mit einer verdünnten neutralen Goldlösung möglichst gleichmäßig befeuchtet. Der auf der berühmten Josephinenhütte im Riesengebirge angewendete Satz besteht aus

40 Pfd. Quarzsand, befeuchtet mit der Auflösung von 8 Ducaten in Königswasser,
12 " Borax,
12 " Salpeter,
1 " Mennige,
1 " AsO^3.

Auffallend ist bei diesem Satze die geringe Menge des angewendeten Bleioxyds, gegenüber der verhältnißmäßig großen Menge des von Borax und Salpeter gelieferten Alkali's. Wenn das so erhaltene Goldglas rasch erkaltet, zeigt es wie das Kupferglas fast gar keine Farbe. Erwärmt man es aber alsdann gelinde, selbst ohne es zum Erweichen zu bringen, so entwickelt sich plötzlich die wunderbar schöne, intensive Rubinfarbe. Dicke Stücke des Goldglases, die eben deshalb langsam erkalten, zeigen sich nur an den Kanten farblos, während die inneren Theile sehr schön blaue und rothe Färbungen darbieten, einzelne Theile auch schon leberig erscheinen. Dieses Leberigwerden tritt besonders ein, wenn man die Temperatur beim Anlaufen zu hoch steigert und dadurch das Glas zum Erweichen bringt. Es wird dann schmutzig braun und nimmt keine Rubinfarbe mehr an. Nur wenn es alsdann wieder vollständig eingeschmolzen wird, erzielt man wieder ursprüngliches, farbloses Glas, das indessen beim Anwärmen viel weniger intensiv anläuft. Dies erklärt sich leicht durch die am Boden des Tiegels ausgeschiedenen Goldkörnchen. Letztere Erscheinung macht es wahrscheinlich, daß das leberige Goldglas wirklich metallisches Gold enthält, und es wäre werth zu untersuchen, ob dies etwa durch Quecksilber oder Chlor auszuziehen wäre. In welcher Form das Gold aber im farblosen und im rothen Glase sich befindet, das läßt sich bis jetzt noch nicht definitiv

bestimmen, obwohl durch die Untersuchungen von H. Rose wenigstens so viel feststeht, daß das Anlaufen keineswegs auf einer Oxydation beruht.

6) Emailglas wird das Glas genannt, das durch Ausscheidung sehr fein vertheilter, undurchsichtiger Partikeln milchfarbig und undurchsichtig geworden ist. Man erhält dasselbe durch Zumischung von Zinnasche oder weiß gebrannter, sehr fein gepulverter Knochen. Wird schwefelsaures Bleioxyd zu einem fertig geschmolzenen Bleiglase zugesetzt, so erhält man ebenfalls ein nur schwach durchscheinendes Email, das sich am besten mit dem undurchsichtigen Bernstein vergleichen läßt. Das Zinnoxydemail wird vielfach, besonders zum Glasiren der Kacheln, benutzt. Zu diesem Ende ist es meist sehr bleihaltig und leicht schmelzbar. Hierher gehört dem Ansehen nach auch das Reisstein- oder Alabasterglas, das allein aus Pottasche und viel Kieselsäure zusammengeschmolzen wird. Die Auflösung der Kieselsäure scheint nicht vollständig zu erfolgen, das Glas ist sehr schwer schmelzbar und wird trotz des Mangelns einer zweiten Base durch Säuren und atmosphärische Einflüsse nicht angegriffen. Der zuerst angeführte Name rührt von der äußern Aehnlichkeit mit dem Korn des Reises her. Nach anderen Angaben soll man dieses Reissteinglas erhalten, indem man einen Theil des ruhig schmelzenden Glases in Wasser abschreckt und nun wieder zu geläutertem Glase hinzufügt, in dem es sich nur unvollständig auflöst.

Diese farbigen Gläser werden nun auf die mannigfaltigste Weise mit einander combinirt, wobei das Ueberfangen und partielle Wegschleifen eine große Rolle spielt. Besonders ist bei dieser Combination, wie schon angeführt, die verschiedene Ausdehnung sehr zu berücksichtigen, wenn man nicht sehr viel Bruch haben will.

Avanturinglas. In der Natur findet sich, obwohl ziemlich selten, eine eisenhaltige Quarzvarietät, in welcher feine Glimmerblättchen eingesprengt sind. Die rothbraune, durchsichtige Grundmasse verleiht den Glimmerblättchen einen eigenthümlichen, goldartigen Glanz. Er wird ziemlich häufig zu Schmucksachen verwendet. Die Hütten von Murano kannten schon in früherer Zeit ein Verfahren, diesen Stein in Glas nachzuahmen. Nachdem dasselbe im Laufe der Zeit verloren gegangen, ist es durch die Bemühungen von Fremy und Clemandot, wenigstens soweit die Wissenschaft hieran betheiligt, wieder aufgefunden worden. Sie schmelzen 300 Theile Glas mit 40 Th. Kupferoxydul und 80 Th. Eisenoxydul zusammen. Das Kupfer wird reducirt und scheidet sich in mikroscopischen, aber wohl ausgebildeten Tetraëdern ab, während das gebildete Eisenoxyd

die Grundmasse gelbbraun färbt. Die Josephinenhütte im schlesischen Gebirge fertigte schon vor einiger Zeit Avanturinglas an, das in seinen Eigenschaften wenig zu wünschen übrig ließ.

Bei diesem Kupferavanturin, wo die Kristalle als metallisches Kupfer mit Sicherheit nachgewiesen sind, muß angenommen werden, daß zur Zeit des vollkommenen Flusses Kupferoxydul und Eisenoxydulglas neben einander bestehen, daß einige Zeit vor dem Erstarren aber die Affinität sich ändert, daß Eisenoxydglas entsteht und metallisches Kupfer in Kristallen sich ausscheidet. Die Temperatur muß zu dieser Zeit schon niedriger sein, als die Kupferschmelzhitze, während die nöthige Verschiebbarkeit der Molecule eine noch nicht zu weit vorgeschrittene Erstarrung des Glases und daher ein sehr leicht schmelzendes Bleiglas voraussetzt.

Reticulirte und Millefiorigläser. Diese altberühmten Glasarbeiten waren früher ebenfalls ein ausschließliches Eigenthum der venetianischen Glashütten. Was sie lange Zeit als Arcanum bewahrt, ging endlich verloren und wurde erst durch den regen Fleiß und die großen wissenschaftlichen und practischen Kenntnisse des Inspector Pohl auf der schon oft erwähnten Josephinenhütte in seltener Vollkommenheit wieder aufgefunden. Diese Arbeiten beruhen auf der Combination und Verbindung von einzelnen Glasstäben zu größeren Arbeiten. Die reticulirten Gläser stellen durchsichtige, meist farblose Glasmassen vor, die im Innern ein feines Netz von regelmäßig angeordneten Luftbläschen besitzen. Dieses scheinbare Räthsel der Glasmacherkunst löst sich auf sehr einfache Weise. Man stellt zuerst im Kreise neben einander eine Anzahl farbloser Glasstäbchen von nahezu gleichem Durchmesser in eine Form ein und befestigt sie provisorisch durch Draht oder besser durch einen umgelegten Glasfaden. Nun werden sie an die Pfeife genommen und durch Anwärmen oberflächlich vereinigt. Die so erhaltenen canellirten Cylinder werden spiralförmig und zwar je nach Bedürfniß rechts oder links gedreht. Stellt man nun zwei derartige Cylinder von entgegengesetzter Drehung in einander, vereinigt sie durch erneutes Anwärmen und verstärkt sie schließlich durch Eintauchen in Glasmasse, so bleiben an den Kreuzungsstellen feine Luftbläschen eingeschlossen, die natürlich eine sehr regelmäßige Anordnung zeigen. Statt farblosen Glases kann man auch undurchsichtiges oder gefärbtes Glas nehmen, die Glasstäbchen verschieden wechseln lassen, flache Stäbe anwenden, kurz die mannigfaltigsten Combinationen der Art vornehmen, indem man bei allen die kreisförmige Anordnung der Stäbchen, das Aneinanderbefestigen, das spiralförmige Drehen als Princip beibehält.

Auch kann man dergleichen combinirte Systeme wieder zu Stäben ausziehen und so sich zusammengesetzte Elemente zu neuen Combinationen verschaffen. Hiermit gehen wir schon weiter, nämlich in das Gebiet der Millefioriarbeit über. Hierbei werden ebenfalls Glasstäbe von verschiedener Farbe mit einander verbunden, das spiralförmige Drehen fällt aber meistens ganz weg, indem die Stäbe später durchgängig dieselbe Zeichnung auf dem Querschnitte zeigen sollen. So bildet z. B. ein Stab von gelbem Glase mit fünf Stäben von blauem Glase im Kreise umgeben, durch Anwärmen vereinigt und dann nach Belieben durch Ausziehen verlängert, auf seinem Querschnitt durchweg das Bild der bekannten Blume, des Vergißmeinnichts. .

Von diesen Glasstäben werden nun Stücken abgesprengt und an verschiedenen Stellen der zu fertigenden Arbeiten als Verzierung eingesetzt. Bekannt sind die als Briefbeschwerer dienenden Glaskugeln. Sie enthalten im Innern eine sehr große Menge dieser Combinationen, bunt wie es der Zufall giebt, zusammengewürfelt und durch Eintauchen in eine farblose Glasmasse unlöslich mit einander verbunden. Die angewendete durchsichtige Glasmasse muß natürlich etwas leichter schmelzbar sein, als die der eingeschlossenen Elemente, dabei aber doch ziemlich nahezu denselben Zusammenziehungscoefficienten besitzen, damit keine Sprünge beim Abkühlen entstehen. Hier dürfte auch der sogenannten Glasmosaiken Erwähnung geschehen, deren Anfertigung in Italien, ich möchte sagen seit den ältesten Zeiten, einheimisch ist, und die jetzt noch in großer Vollkommenheit in Rom angefertigt werden. Zur Darstellung derselben verschafft sich der Künstler vor allem eine Anzahl gefärbter Glasstäbchen, die aus einem leicht schmelzbaren Glase bestehen müssen. Auf einer vollständig geebneten Metallplatte, die mit einem Mastixcement bedeckt ist, ordnet er nun nach Angabe der Zeichnung bald stärkere, bald dünnere Glasstäbe der verschiedenen Farben an, die er sich an einer Lichtflamme selbst zu den passenden Dimensionen auszieht und in der entsprechenden Länge abbricht. Durch Abschleifen der unregelmäßig hervorstehenden Spitzen und endlich durch Poliren wird das Mosaikbild vollendet. Falls es möglich wäre, ohne Verschiebung und Verletzung des Zusammenhangs das Bild in dünne Lagen zu spalten, würde jede der so erhaltenen fournierartigen Platten das Bild in seiner ganzen Vollkommenheit darstellen.

Incrustationen. In manchen böhmischen Glasarbeiten findet man als Verzierung, wie es scheint, silberne oder goldene Medaillen in das Glas eingeschmolzen. Das Material dazu ist indessen nur Porcellan-

masse*), welche in einem Gypsmodell geformt und hierauf gebrannt worden ist. Diese Abdrücke werden von dem Glasmacher in das weiche Glas eingesetzt und mit einer Lage Glas überfangen. Diese berührt das Medaillon nur an den äußersten feinsten Spitzen und schließt so eine dünne Luftschicht ein, die eine totale Reflection des Lichtes, eine vollständige Spiegelung hervorbringt, wie dies unser Auge nur bei Metallen zu sehen gewohnt ist. Hiervon rührt die Täuschung, eine ganz ähnliche, wie wir sie an einem Thautropfen bemerken, der auf ein rauhes Blatt gefallen ist. Wird zum Ueberfangen des Medaillons ein gefärbtes gelbes Glas genommen, so wird hierdurch der Effect des Goldes hervorgebracht. Bei anders gefärbten Gläsern widerstreitet die Farbe der metallischen Spiegelung, indem wir kein blaues oder grünes Metall kennen.

Eisglas, frosted glass. Diese in England sehr verbreiteten Glasarbeiten werden erhalten, indem man das fertige Glasgefäß in kaltes Wasser taucht. Es entstehen dadurch natürlich unendlich viele feine Sprünge und das Gefäß würde zu Staub zerfallen, wenn man es nicht von Neuem soweit anwärmte, daß diese einzelnen Theilchen wieder fest mit einander verschmelzen. Dies Verfahren eignet sich natürlich besonders bei Bleiglas.

Achatglas. Schöpft man verschieden gefärbte Glassorten in einen Hafen zusammen und rührt sie nur unvollkommen durch einander, so entsteht ein Glas, welches den Achat sehr glücklich nachahmt.

Glasperlen, die zum Stricken und Sticken von den Damen so vielfältig benutzt werden, werden noch heut zu Tage fast ausschließlich auf den Hütten zu Murano bei Venedig in ungemein großen Massen und in etwa 200 verschiedenen Farbenvarietäten angefertigt. Man stellt sie aus Glasröhrchen dar, die ziemlich von der gewünschten Stärke und lichten Weite sind, indem man dieselben handvollweise auf einer Art Hechselschneidebank mit einer schweren, stumpfen Klinge in der gewünschten Länge abschlägt. Um die scharfen Kanten zu beseitigen, werden die erhaltenen kurzen Glasstückchen in einer eisernen Pfanne oder Trommel bis zum Erweichen und Abrunden erhitzt. Damit sie bei dieser Operation nicht zusammenkleben, wird gebrannter Thon oder Kohlenpulver hinzugegeben, von dem die Perlen dann durch Absieben getrennt werden. Eine große Anzahl Mädchen besorgt dann das Aufreihen der Perlen zu den bekannten Schnüren.

---

*) Nach neueren Angaben von Karmarsch soll die dazu angewendete Masse aus 100 Theilen Quarzmehl, 30 Theilen Soda und 10 Theilen Kreide gemengt werden.

Die großen eckigen Strickperlen werden aus dickwandigen und weiten Glasröhren gefertigt, die man vorher sechsseitig angeschliffen hat und auf ähnliche Weise abschneidet.

Ganz verschieden ist das Verfahren, das beobachtet wird, um die natürlichen Muschelperlen nachzuahmen. Zu diesem Ende wird vor der Glasblaselampe aus einer dickwandigen Glasröhre eine Kugel geblasen, die man an den beiden entgegengesetzten Enden in feine Röhrchen auszieht. Statt der Kugelform kann man auch unregelmäßige Blasen bilden, die dann die sogenannten Barockperlen nachahmen. In diese Kugel wird nun ein Tropfen der sogenannten Perlenessenz hineingebracht, die man aus dem silberglänzenden Ueberzuge, der die Schuppen der Weißfische bekleidet, bereitet, indem man sie durch Schütteln ablöst und in verdünnter Ammoniakflüssigkeit aufbewahrt. Durch Umschwenken auf der inneren Wand der Glasfläche verbreitet, ahmt sie das Ansehen der natürlichen Perlen aufs Täuschendste nach. Die beiden Röhrchen werden schließlich abgeschnitten und liefern so die Oeffnungen, um eine Schnur zum Aufreihen hindurchziehen zu können.

Die Glaskorallen werden ganz ähnlich dargestellt, nur daß man sie mit Wachs ausfüllt, das durch Zinnober roth gefärbt ist. Die zum Ausputz der Christbäume so häufig angewendeten silber- und gold-, auch grün- und blauglänzenden Kugeln werden aus dem entsprechend gefärbten Glase angefertigt und dann durch Eingießen eines sehr leicht schmelzbaren Metallgemisches (aus Zinn, Blei, Wismuth und Quecksilber zusammengesetzt) und Umschwenken mit einer spiegelnden Belegung versehen. Die Glasflitter, welche bei einigen kostbaren Tapeten zur Hervorbringung des schimmernden Aussehens benutzt werden, werden aus den Bruchstücken gefertigt, die man durch Ausblasen von sehr dünnwandigen Kugeln bis zum Zerplatzen erhält. Alle diese zuletzt erwähnten Arbeiten werden vor der Glasblaselampe ausgeführt, über deren Einrichtung hier Einiges beiläufig erwähnt werden soll.

Gewöhnlich besteht dieselbe aus einem einfachen Oelbehälter, der mit einem sehr dicken Dochte versehen und ungefähr nach der Art unserer Küchenlampen construirt. Die Glasbläser von Fach wenden als Brennmaterial selten Oel, sondern meistens Talg oder unreine Butter an, die durch die abfallende Wärme der Flamme geschmolzen erhalten werden.

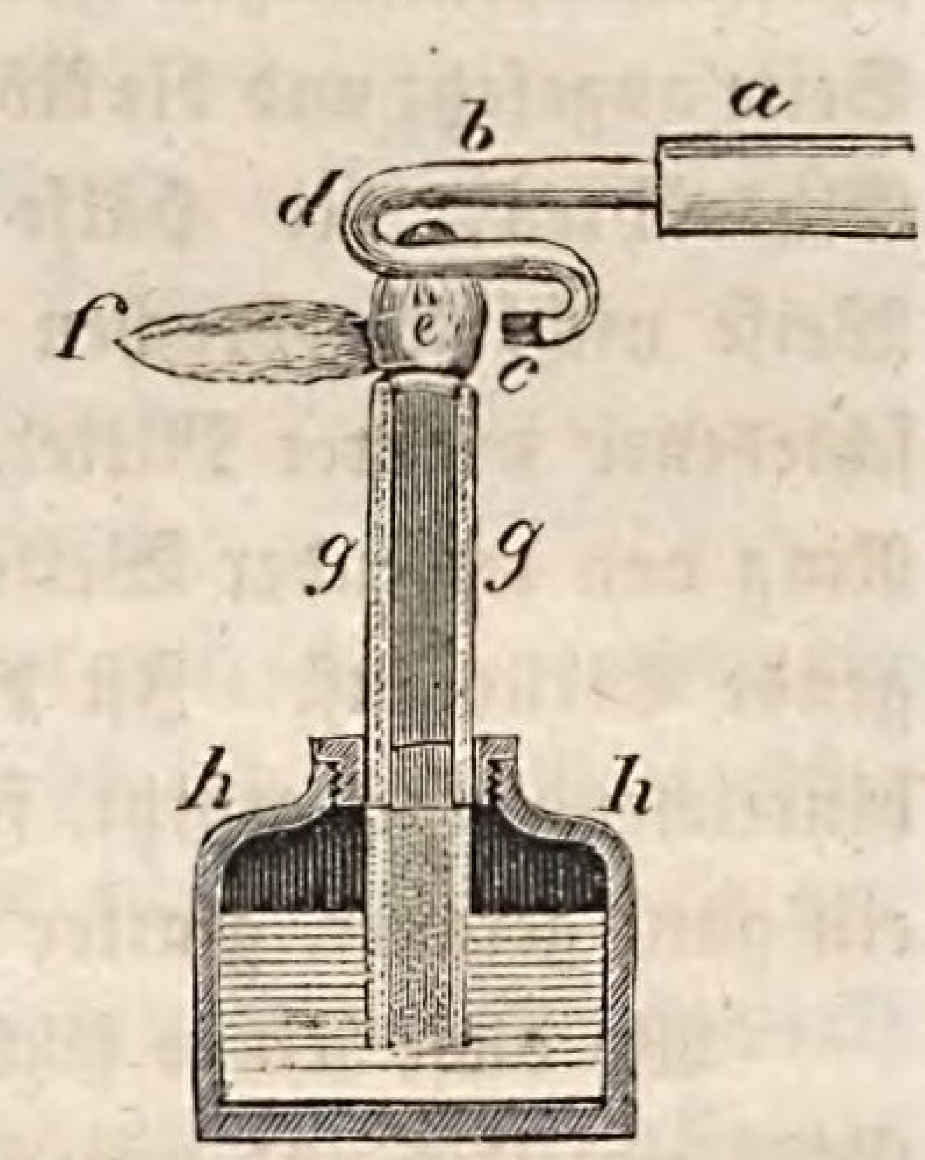
Wenn Wachs und Stearin nicht zu kostspielig wären, so würden sie jedenfalls den Vorzug verdienen, indem sie beim Verbrennen die rußfreieste Flamme entwickeln. In diese Flamme wird nun mittelst eines mit dem

Fuße bewegten Blasebalges und durch eine Löthrohrspitze von Metall oder Glas von der Seite her Luft eingeblasen. Die verschiedenen Operationen, die beim Glasblasen vorkommen, bedingen eine oft sehr verschiedene Gestalt der Flamme. Eine sogenannte Stichflamme erhält man, indem man eine enggebohrte Löthrohrspitze anwendet, die tief in die Flamme hineingesteckt wird. Eine breite rauschende Flamme, die besonders zum Erhitzen größerer Glasmassen benutzt werden muß, wird erzeugt, indem man eine weite Löthrohrspitze benutzt und sie etwas vor die Flamme stellt.

Der tägliche Gebrauch dieser Instrumente lehrt allmälig instinktmäßig den Docht richtig zu stellen, abzuschneiden und zu ordnen, um die gewünschte Flamme zu erzielen. Jeder andere, der sich nur gelegentlich mit Glasblasen beschäftigt, wird wohl thun, sich der Erfindung des Dr. Mohr in Coblenz zu bedienen, welche alle die Uebelstände des Blackens, der unregelmäßigen Flamme ꝛc. vermeidet, die schon manchen Chemiker zur gelinden Verzweiflung gebracht haben.

Der Docht der Mohr'schen Lampen ist rund und hohl, demnach ganz nach Art der Argand'schen Lampen construirt und wird mit einer Mischung von Holzgeist und Terpentinöl gespeist, welche eine hinreichend kohlenstoffhaltige Flamme liefert, um durch Einblasen von Luft eine genügend hohe Temperatur zu erzielen. Die Luftzuführung erfolgt durch ein in Form eines liegenden langgezogenen ∽ gebogenes Kupferröhrchen, das am Ende durch einen eingesetzten Rothkupferdraht verschlossen ist, der in der Mitte wie eine Löthrohrspitze durchbohrt ist (Fig. 80). Der größte Theil des Röhrchens liegt über der Flamme und die durchströmende Luft wird dadurch auf 200 — 300° C. erhitzt. Dieses Blasen mit heißem Winde hat den besten Erfolg, so daß selbst die schwerschmelzbarsten böhmischen Glasröhren mit Leichtigkeit behandelt, ja selbst zu großen Kugeln aufgeblasen werden können.

Fig. 80.



Mohr's Glasblaselampe mit erhitzter Luft.
a Windrohr, bd Kupferrohr, c Löthrohrspitze, e Flamme, f die daraus erzeugte Löthrohrflamme, gg hohler Docht, hh Blechgefäß zur Aufnahme der Terpentinölmischung.

Was die Handhabung der Glasröhren anbelangt, aus denen der Glasbläser seine Arbeit anfertigt, so muß man sie vorher etwas anwärmen, damit sie nicht springen, und bei der Behandlung in der Flamme beständig drehen, so daß eine ungleichmäßige Erhitzung nach Möglichkeit vermieden wird. Hierdurch allein wird das Biegen, das Ausziehen zu

einer Spitze, das Aufblasen einer Kugel regelmäßig und gut gelingen. Größere Schwierigkeiten bietet schon das Aneinanderlöthen zweier Röhren, besonders wenn dieselben senkrecht auf einander zu stehen kommen. Im letzteren Falle muß zuerst die eine Röhre ein kleines Loch mit aufgeworfenem Rande erhalten, indem man eine Stelle derselben mit der Stichflamme sehr hoch erhitzt und dann durch kräftiges Einblasen eine Kugel austreibt, die mit der Feile vorsichtig weggenommen wird. Auf den aufgestülpten Rand wird dann der erhitzte Rand der andern Glasröhre aufgedrückt und durch successives gelindes Erhitzen und Aufblasen die endliche, vollständige Vereinigung bewirkt. Die so zu verbindenden Glasröhren müssen womöglich von derselben Zusammensetzung sein, indem sonst unfehlbar ein Zerbrechen an der Löthstelle durch die ungleichmäßige Zusammenziehung eintritt.

Auf ganz ähnliche Weise ist es nöthig zu verfahren, wenn bei irgend einem Apparate, z. B. dem bekannten Liebig'schen Kaliapparate, eine weite Kugel in zwei enge Röhren ausgehen soll. Hier wird ein verhältnißmäßig weites und starkes Rohr zu einer Kugel aufgeblasen, die in zwei enge Spitzen ausgeht. Diese werden kurz an der Kugel abgeschnitten und an dieser Stelle dann die engen Röhren angelöthet.

Abschneiden. Absprengen, Schneiden der Glastafeln mit dem Diamant. Bohren.

Zum Zertheilen des Glases sind verschiedene Mittel anwendbar.

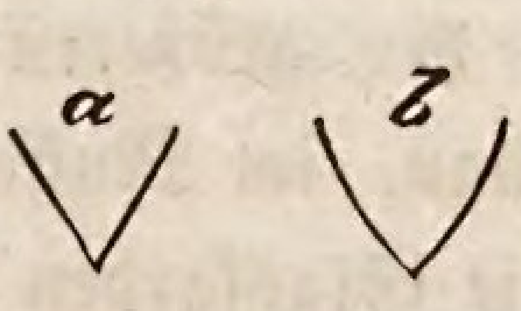
Glasröhren von einer nicht allzugroßen Weite werden einfach mit einer scharfen, dreikantigen Feile eingeritzt, beide Daumen an die entgegengesetzte Seite angesetzt und die Röhre dann durch gelinden Druck zerbrochen. Stärkere Glasröhren, die Hälse von Retorten und Kolben können auf diese Weise nicht abgebrochen werden. Statt dessen bedient man sich dazu verschiedener anderer Mittel. Man macht z. B. einen kupfernen oder eisernen Ring von passender Weite glühend und schiebt ihn bis auf die abzusprengende Stelle auf. Ist dadurch der berührte schmale, ringförmige Streifen hinreichend stark erhitzt, so gießt man etwas kaltes Wasser darauf, wodurch ein ganz gerader, glatter Sprung erfolgt.

Wo diese Ringe fehlen, kann man auch eine Rinne rings herum in das Glas einfeilen und mit einem mit Terpentinöl getränkten Faden umwickeln, den man anzündet und unter beständigem Drehen abbrennen läßt. Auch wird häufig ein fester Bindfaden um das Glas geschlungen und von zwei Personen so lange hin- und hergezogen, bis er durch die starke Erhitzung mürbe wird und abreißt. Das Aufgießen von kaltem Wasser vollendet auch hier das Absprengen.

In der Regel indessen bleibt das beste Mittel die Anwendung der Sprengkohlen. Dies sind kleine, etwa federkielstarke Stängelchen, die man aus fein gepulverter Kohle und Traganthschleim zusammenknetet und nebenbei zur Erleichterung des Brennens und zur Erzeugung eines Wohlgeruchs mit etwas Benzoëharz versetzt. Angezündet und angeblasen bilden dieselben eine feine glühende Spitze, durch deren langsames Hinführen auf nicht allzustarkem Glase es leicht ist, einen einmal entstandenen Sprung nach Belieben in jeder möglichen Richtung fortzuführen. Auch kleine Holzstäbchen, die mit einer Lösung von salpetersaurem Bleioxyd getränkt sind, zeigen dieses gleichmäßige, langsame Verglimmen und können zu demselben Zwecke angewendet werden. Sollte noch kein Sprung vorhanden sein, so erhält man ihn leicht durch Einritzen des Glases mit einer Feile, längeres Anhalten der Sprengkohle und Auffallenlassen eines Tropfen Wassers.

Glasscheiben werden am besten mit dem Diamant zu den passenden Dimensionen beschnitten. Die zum Schneiden allein tauglichen Diamanten sind Bruchstücke kleiner natürlicher Kristalle, kaum größer als ein Senfkorn, die am besten von dunkler, unreiner Farbe gewählt werden, da diese der Erfahrung nach die härtesten sind. Der Diamant kristallisirt in Gestalten des regulären Systems, und diejenige Form, in der man sie am häufigsten findet, ist die eines Achtundvierzigflächners. Eigenthümlich ist es, daß diese Flächen außerdem meistens gewölbt sind, so daß also der Querschnitt der Hauptoctaëderkanten nicht wie a, sondern wie b Fig. 81 aussieht.

Fig. 81.



Octaëderkanten des Diamants.

Es begreift sich leicht, daß, wenn der Diamant mit dieser Kante auf Glas aufgesetzt wird, er es nicht allein oberflächlich ritzt, sondern auch durch die rasch zunehmende Dicke auseinander treibt und spaltet. Daß der Vorgang hierbei wirklich so ist, beweist der Umstand, daß manche Diamanten, welche eine Ecke oder Bruchstücksspitze nach außen kehren, bloß zum Schreiben auf Glas, nicht zum Schneiden benutzt werden können, ferner, daß selbst bei guten Glaserdiamanten nur eine Stellung zum Glase vorhanden ist, in welcher sie gut schneidend wirken, eine Stellung, die gewöhnlich an dem Handgriffe bemerkt wird. Man befestigt die Diamanten in ihrer Fassung, indem man ein kleines Messingröhrchen unten soweit zusammenhämmert, daß nur eine feine Oeffnung bleibt, aus der das gewählte Diamantsplitterchen eben hervorragt.

Nachdem man mit einer feinen Pincette seine schneidende Kante nach außen gerichtet, bringt man einige Körnchen Weichloth in das Röhrchen, die man dann zum Schmelzen erhitzt. Gut ist es zum leichteren Anhaften des

Lothes das Messingröhrchen vorher inwendig zu verzinnen. Ist das Loth erstarrt, so prüft man, ob der Diamant gut schneidet, befestigt den Handgriff und markirt an demselben die Stellung, in der er beim Schneiden gehalten werden muß.

Mit Rubinen und andern harten Edelsteinen, ja selbst mit Quarz kann man das Glas schneiden, wenn man demselben vorher durch Anschleifen die gewölbte Form der Diamantenkanten ertheilt hat, doch nützen sich diese Steine wegen ihrer größern Weichheit auf Glas rasch ab.

Um Löcher in Glas zu bohren, kann man eine spitzige dreikantige Feile anwenden, die man, um das Angreifen zu befördern, mit Terpentinöl befeuchtet, das an der Luft dick geworden oder mit Kampher versetzt ist. Man bohrt am besten von beiden Seiten in das Glas ein, so daß die Löcher in der Mitte zusammentreffen, wodurch das einseitige Aussplittern vermieden wird. Mit Reibahlen kann man das Loch zu passenden Dimensionen erweitern. Große Löcher werden am besten mit Schmirgel und Wasser eingeschliffen.

Die dazu nöthige Schleifvorrichtung besteht in einem kupfernen Cylinder, der in eine Drehbank eingespannt wird. Auf ähnliche Art lassen sich selbst Schraubengänge ins Glas schneiden.

Die Glasmalerei. Das Vergolden und Versilbern des Glases sind in den Principien den analogen Verfahrungsweisen beim Porzellan so vollkommen ähnlich, daß ich hier auf die betreffende Stelle des folgenden Kapitels verweisen kann. Eine wesentliche Verschiedenheit ist nur in der größeren Leichtflüssigkeit des Glases begründet, während das Porzellan, im Muffelofen wenigstens als vollständig unschmelzbar gelten kann. Die Glasfarben sind daher nach Möglichkeit leichtflüssig zu stellen, da das Uebermalen und zweite Einbrennen seltener im Gebrauch ist.

Zum Schluß soll noch das Aetzen des Glases erwähnt werden. Hierzu ist allein die Flußsäure entweder in flüssiger oder gasförmiger Gestalt anwendbar. Sie bildet mit der Kieselsäure des Glases Fluorkiesel und Wasser und vermag es dadurch vollständig aufzuschließen.

Das Verfahren des Aetzens selbst ist sehr einfach. Man überzieht das Glas mit einem unangreifbaren Deckgrunde, z. B. Asphaltfirniß oder Wachs, entfernt diesen Ueberzug von den zu ätzenden Stellen mittelst einer Radirnadel und gießt nun die wässrige Fluorwasserstoffsäure*) darauf oder

*) Zur Darstellung und Aufbewahrung der Flußsäure wurden früher nur Platingefäße verwendet; heut zu Tage destillirt man sie fast ausschließlich aus

deckt die Platte über ein Bleigefäß, in welchem ein Gemenge von Flußspath mit concentrirter Schwefelsäure schwach erwärmt wird. Je nach der Dauer der Aetzung erhält man tiefere oder flachere Linien, die bei gasförmiger Flußsäure matt, bei flüssiger glänzend erscheinen.

Professor Böttcher in Frankfurt hat durch dieses Aetzen des Glases Druckplatten analog den Kupferplatten hergestellt und diese Methode Hyalographie genannt. Die so dargestellten Abdrücke zeigen zwar sehr feine Linien, aber ein gewisses hartes, kaltes Ansehen. Sie können natürlich wegen der Härte des Glases eine sehr große Anzahl Abdrücke liefern, während wie bekannt, die Kupferplatten nur höchstens einige Hundert Abdrücke in größter Vollkommenheit abzuziehen gestatten.

Den Uebelstand, daß die Glasplatten beim Abziehen unter dem Drucke der Walze zerbrechen, hat Böttcher seiner Versicherung nach vollständig beseitigt, wahrscheinlich durch Aufschleifen derselben auf eine gerade gußeiserne Platte oder durch Aufkitten mittelst Gypses. In der allerneuesten Zeit soll es, einer Journalangabe zufolge, gelungen sein, photographische Bilder auf Glas zum Aetzen und damit vielleicht auch zum Abdrucke geeignet zu machen. Zu diesem Ende wird eine Glasplatte mit jodhaltigem Collodium überzogen und durch Eintauchen in Silberlösung empfindlich gemacht. Nachdem hierauf durch die bekannten Manipulationen ein photographisches Bild hergestellt, wird die Platte in einer Muffel erhitzt. Das Collodium verbrennt, das rückständige Silber, welches die Lichter darstellt, schmilzt in die Platte ein und schützt sie später vor dem Angreifen durch Flußsäure, so daß demnach nur die Schatten geätzt werden. Ich kann zu dieser Erfindung vorläufig nur einige Fragezeichen hinzusetzen.

Bleigefäßen und bewahrt selbst sehr concentrirte Säuren in Guttaperchaflaschen ohne Veränderung auf.

[illegible] über ein Bleigefäß, in welchem ein Gemenge von [illegible] mit [illegible] erwärmt wird. Je nach der Dauer der [illegible] erhält man tiefere oder [illegible] [illegible]

[illegible] in [illegible] hat [illegible] analog den Kupferplatten [illegible] [illegible] genannt. [illegible]

[illegible]

[illegible]

Fünfte Abtheilung.

Thonwaaren. — Kalk. Luft- und Wassermörtel. — Gyps.

Dreizehntes Kapitel.

Thonwaaren.

Die auf der Erdrinde so allgemein verbreiteten Thone verdanken ihre Entstehung fast ausschließlich dem Verwitterungsprozesse fester feldspathhaltiger Gesteine, wie sie als Granit, als Porphyr ꝛc. vorkommen.

Forchhammer hat über diesen Verwitterungsprozeß eine Reihe von ausgezeichneten Untersuchungen angestellt und als allgemeines Resultat folgendes aufgefunden. Wenn ein Feldspath, d. h. eine Verbindung von kieselsaurer Thonerde mit saurem kieselsauren Alkali, $Al^2O^3 + SiO^3 + KaO + 3SiO^3$, den Einwirkungen der Luft, des Wassers und der in ihnen enthaltenen Kohlensäure längere Zeit ausgesetzt ist, so wird das kieselsaure Alkali allmälig ausgezogen und geht in die Quellen oder in die Pflanzen über, welche ihren Alkaligehalt fast ausschließlich diesem Prozesse verdanken.

Kieselsaure Thonerde von der Normalformel $Al^2O^3 + SiO^3$ bleibt übrig; $KaO + 3SiO^3$ wird abgeschieden. Da diese Verbindung für sich ohne weitere Zerlegung in Wasser unlöslich ist, so muß ein weiteres Zerfallen derselben in Kieselsäure und weniger saures Kalisilikat, das nun ausgelaugt wird, eintreten. Forchhammer giebt an, daß beim Kalifeldspath die Formel dieser letzteren Zerlegung sei: 3 Aeq. $KaO + 3SiO^3$ geben SiO^3 und $3KaO + 8SiO^3$, eine Formel, deren letztes Glied mit der des löslichen Wasserglases identisch ist. Beim Natronfeldspath ist die Zerlegung einfacher, indem $NaO + 3SiO^3$ einfach zerfällt in $NaO + 2SiO^3$ und SiO^3. Die kieselsaure Thonerde nimmt außerdem Wasser auf. Man kann diese Vorgänge am besten bei dem sogenannten Kaolin studiren, dort nämlich, wo er aus Porphyr

direct entsteht, ein Prozeß, der noch heut zu Tage stattfindet. Die aus dem Silicate ausgeschiedene Kieselerde wird bei der Analyse durch Kalilauge ausgezogen, das Thonerdesilicat wird durch Erhitzen mit concentrirter Schwefelsäure aufgeschlossen, und was dann noch unzerlegt übrig bleibt, ist unverwittertes Gestein, Quarzkörner, Glimmer ꝛc.

Dieses Verbleiben der Verwitterungsproducte an dem Orte der Verwitterung ist indessen ein seltener Fall; weit häufiger sind die entstandenen feinen Theilchen durch Wassergewalt weggeschlemmt und in ruhigeren Bassins wieder abgelagert worden. Dieser Prozeß bewirkte einerseits eine Sonderung der leichteren und schwereren Theile, eine natürliche Schlemmung, andererseits beförderte er durch die länger dauernde Suspension im Wasser wahrscheinlich eine vollständigere Verwitterung, wodurch die letzten Spuren von Alkalien entzogen wurden, und so entstanden aus dem wenig plastischen Kaolin die fetten plastischen Thone. Im Gegensatz hierzu steht die oft beträchtliche Verunreinigung durch Eisenoxyd, kohlensauren Kalk, organische Substanzen, die eine Folge der Zumengung anderer wilder, trüber Fluthen war. Das Schema des Thonbildungsprozesses, gewissermaßen sein Stammbaum, ist folgendes:

Granit, Porphyr, Diorit:
- Quarz, Glimmer, Hornblende.
- A. Feldspath.
  - I. Alkalisilicat, $(xSiO^3 + yRO^3)$.
  - II. Kaolin, $(Al^2O^3 + SiO^3 + HO + xSiO^3)$.

Kaolin.
- a. durch Schlemmen gereinigt, plastischer Thon.
- b. durch Schlemmen verunreinigt,
  - a. mit Kalk — Mergel
  - b. mit Eisenoxyd — Lehm.
  - c. mit Magnesia — Walkererde.

Aus diesen verschiedenen Thonsorten, die sich auf der ganzen Erde verbreitet, und zwar als jüngste Gebilde meist in geringer Tiefe vorfinden, werden nun die verschiedenen Thonwaaren gefertigt, deren Benutzung eine noch viel ausgebreitetere, als die des Glases, und deren Bereitung schon seit der Kindheit des Menschengeschlechts ein wahrhaft unentbehrliches Gewerbe gewesen ist.

Die weiche, aufs leichteste formbare Thonmasse erhärtet durch Erhitzen zum Glühen soweit, daß sie ferner durch Wasser nicht mehr angreifbar ist. Aus Thon wird durch Austreibung des Wassers wieder Gestein.*)

Wenn wir nun die aus diesen so verschiedenen Thonen gefertigten Geschirre betrachten, so fällt es uns fast unmöglich, eine streng systematische Eintheilung derselben aufzustellen, da natürlich jeder Verfertiger nach der Art der zu Gebote stehenden Materialien, nach dem Bedürfniß und der Sitte verschiedenartig producirt. Wir können nur versuchen, die verschiedenen Thonwaaren als Glieder einer natürlichen Reihe hinzustellen. Die Kennzeichen, nach denen wir ordnen, sind einerseits Structur, Farbe und Feuerbeständigkeit der Masse, andererseits Vorhandensein oder Fehlen, Art und Farbe der Glasur. Hiernach stellen wir folgendes Schema auf:

A. Gesinterte Masse, undurchlassend für Flüssigkeiten.

I. Aechtes Porzellan, weiße Masse, durchscheinende Feldspathglasur.

Abarten: Das englische und französische Frittenporzellan.

II. Steinzeug, undurchsichtig; { a. weiße Masse, meist ohne Glasur. b. gefärbte Masse, Glasuranflug.

B. Erdige Masse.

I. Homogen, hängt an der Zunge, glasirt.

1. Fayence, a) feine Fayence, Steingut, weiße Masse, durchsichtige bleiische Glasur.

*) Sehr interessant ist hierbei die Veränderung des Volumens und specifischen Gewichts. Jeder Thon, mit Wasser zur plastischen Masse geformt und dann ausgetrocknet, schwindet beträchtlich, und zwar um so mehr, je plastischer und je reiner er ist. Dieses Schwinden setzt sich beim Brennen fort, und das specifische Gewicht der Masse steigt dem entsprechend. Bei manchen Thonsorten, die in stärkerer Hitze zusammensintern, d. h. partiell in Fluß gerathen, tritt mit diesem Zeitmomente indessen ein etwas modificirtes Verhalten ein. Sie schwinden noch, indessen nur durch Verminderung der Poren, nicht mehr durch die Zusammenziehung der soliden Masse, die sich im Gegentheil, wahrscheinlich durch Molecularveränderung beim Schmelzen, ausdehnt und daher am specifischen Gewicht verliert. Die Schwindung vom plastischen bis zum lufttrocknen Zustande kann bei reinem Thon bis zu $1/_{12}$ der Dimensionen steigen. Die Schwindung im Feuer ist von der erreichten Temperatur und der Art der Masse abhängig, indessen immer bedeutend geringer.

b) Gemeine Fayence, Majolika, Kacheln; gefärbte Masse, undurchsichtige, zinnoxydhaltige, bleiische Glasur.

2. Ordinaire Töpferwaaren; gefärbte Masse, durchsichtige, bleiische Glasur.

II. Ungleichartig, unglasirt.

1. Gefärbt, nicht feuerbeständig. Backsteine. Klinker.

2. Wenig gefärbt, feuerfest. Chamottesteine. Schmelztiegel.

A. I. Aechtes Porzellan. Das Porzellan ist eine Erfindung der Chinesen und wurde in früheren Zeiten in großen Mengen und zu hohen Preisen von dort importirt. Die Portugiesen, welche diesen Handel anfangs besonders betrieben, gaben der Waare auch den Namen nach der Aehnlichkeit, welche sie mit der Schaale einer Muschel zeigte, die von ihrer Form den Namen Porcella (Schweinchen) erhalten hatte.

Es ist dies die viel verbreitete Porzellanmuschel, die zu Dosen &c. verarbeitet wird. Die Fabrikationsmethode der Chinesen, die beiläufig gesagt, fast vollständig mit der unserigen übereinstimmt, wurde sehr geheim gehalten. Einem Deutschen, Namens Bötticher war es vorbehalten, das Porzellan für Europa neu zu erfinden und damit einen Fabrikationszweig zu gründen, in dem Deutschland noch heut zu Tage excellirt. Die Geschichte dieser Erfindung ist bekannt genug. Als vorgeblicher Goldmacher vom Churfürsten von Sachsen, August dem Starken anfangs gefeiert, dann bedroht und auf der Festung Königstein gefangen gehalten, gelang es ihm im Laufe seiner Versuche, (man sagt bei Anfertigung eines Schmelztiegels), zuerst im Jahre 1709, rothe, porzellanartige Geschirre zu erzielen und endlich auch in dem als Pudermehl verbrauchten Kaolin von Aue bei Schneeberg das Material zum weißen Porzellan zu entdecken. Die erste Porzellanfabrik wurde von ihm auf der Albrechtsburg bei Meißen begründet.

Dieselbe florirt, trotz mancher früher dabei eingerissener Uebelstände, noch heut zu Tage und zeichnet sich durch vorzügliche Masse, Leichtigkeit und schöne Formen aus. Der hohe Gewinn, der bei dieser Fabrikation in Aussicht stand, veranlaßte alle geldbedürftigen Potentaten, sich auch Porzellanfabriken anzulegen, und als durch den Einfall Friedrichs des Großen in Sachsen die Meißner Fabrik zum Stillstand kam,*) wurden durch das zer-

*) Die Arbeiter wurden entlassen, die Arkanisten mit sämmtlichen Materialien nach Dresden und dem Königstein geschafft, die Brennöfen zerschlagen &c.

streute Fabrikpersonal nach und nach in Berlin (1751), Wien, Nymphenburg, Sèvres, Kopenhagen, endlich in Thüringen und Böhmen derartige Fabriken eingerichtet, welche noch heute bestehen und wie z. B. die zu Berlin und zu Sèvres die Meißner Mutteranstalt in manchen Punkten sogar noch übertreffen. Nachdem in neuerer Zeit diese Fabrikation ein Allgemeingut geworden, werden die erwähnten Staatsfabriken nur noch als Musteranstalten unterhalten.

Das Porzellan ist wie bekannt, eine milchweiße, halbdurchsichtige, mit einer harten, durchsichtigen und farblosen, bleifreien Glasur versehene Masse, die dem Wechsel der Temperatur gut widersteht und durch Säuren, Alkalien ꝛc. nur äußerst schwierig angegriffen wird.

Betrachten wir einen feinen Porzellansplitter unter dem Mikroscop, so bemerken wir leicht die Ursache dieser eigenthümlichen Halbdurchsichtigkeit. Die Grundmasse von Kaolin stellt sich als feine Stäbchen dar, die sich bei stärkerer Vergrößerung in Reihen von Kügelchen auflösen. Sie ist an und für sich undurchsichtig, erlangt aber durch die Tränkung mit einem glasigen Fluße eine solche Halbdurchsichtigkeit, wie man sie etwa bei geöltem Papier bemerkt.

Dieser Fluß besteht im Wesentlichen aus beigemengtem Feldspath. Da nun die Glasur auch aus Feldspath hergestellt wird, so ist es begreiflich, daß sich dieselbe mit der Masse aufs innigste vereinigt, daß Glasurrisse, wie bei anderen Töpferwaaren, zur Unmöglichkeit gehören. Die Schwierigkeiten bei der Fabrikation des ächten Porzellans sind große; sie können aber alle durch Aufmerksamkeit und Sorgfalt überwunden werden. Wir werden dieselben im Detail bei der näheren Beschreibung der Fabrikationsmethode kennen lernen.

1. Materialien. Als Grundmasse dient wie erwähnt, der durch Verwitterung von feldspathreichem Porphyr entstandene Kaolin. Man findet denselben in hinreichender Reinheit nicht allzuhäufig, und die Lagerstätten desselben erfreuen sich daher eines ziemlich weit verbreiteten Absatzes.*)

*) Da die Kosten des Materials bei Porzellan sehr weit gegen die Kosten der Formung und des Brennmaterials zurückstehen, so finden wir die Porzellanfabriken sehr selten am Lagerplatze des Kaolins, sondern meistens in der Nähe großer, volkreicher Hauptstädte, wo sowohl geschickte Arbeiter als auch formgewandte Modelleure ꝛc. leicht zu erlangen sind, oder in der Nähe der Steinkohlengruben oder holzreichen Gegenden. So z. B. existiren bei Waldenburg

Die Hauptlagerstätten des Kaolins in Deutschland sind Aue bei Schneeberg, Morl und Salzmünde bei Halle (sehr reichhaltig), endlich die Gegend um Passau und Linz. Auch in Schlesien auf den Besitzungen des Premier-Lieutnants Kulmitz findet sich unter der Braunkohle ein colossales Lager von weißem Thon, der nichts anderes ist, als ziemlich quarzreicher Kaolin, bis jetzt aber nur zur Chamottefabrikation verwendet wird. Die französischen Fabriken beziehen den größten Theil ihres Kaolins aus St. Yrieux bei Limoges. Man unterscheidet dort erdigen, sandigen und steinigen Kaolin, je nach der Menge der beigemengten unaufgeschlossenen Theile. Bestehen dieselben nur aus Quarz, so ist es zweckmäßig, sie vor dem Transport durch Schlemmen zu beseitigen. Herrscht dagegen unzersetzter Feldspath vor, der jedenfalls noch dem Kaolin zugesetzt werden muß, so hütet man sich wohl, ihn abzusondern. In Folge dessen vermag z. B. die Fabrik in Sèvres Porzellan ohne weiteren Feldspathzuschlag herzustellen, indem sie nur mehrere Sorten ihres sehr feldspathreichen Kaolins zusammenmischt, zerreibt und schlemmt. Wo dies nicht angeht, ist man genöthigt, den Kaolin vorher zu reinigen, um Transportkosten zu ersparen. Man zerschlägt die großen Klumpen mit der Hand oder zerdrückt sie zwischen Walzen und weicht sie dann in den Schlemmbottichen mit der genügenden Menge Wasser auf. Durch einen einfachen Rührer mit 2—4 Flügeln wird der thonartige Theil aufgeschlemmt und die trübe Flüssigkeit nun durch einen Hahn, der etwas über dem Boden angebracht ist, abgelassen. Sie läuft durch ein Sieb und eine schwachgeneigte Rinne, in welcher sich der feine Sand absetzt, in eine Reihe von Satzbottigen, in welchen sich durch längeres Stehen der Thon vom Wasser sondert. Die Rinne hat häufig am Boden niedrige Querleisten, die das Wasser stauen und so das Absetzen des Sandes befördern.

Durch Zapfen, die in verschiedener Höhe über dem Boden angebracht sind, kann das klare Wasser entfernt werden. Will man dies noch zweckmäßiger erreichen, so wendet man eine einzige Oeffnung an, die sich fast unmittelbar über dem Boden befindet und mit einem Zapfen oder Hahne verschlossen wird. Innerhalb des Bottichs ist an dieser Oeffnung ein wasserdichter Hanfschlauch befestigt, dessen oberes Ende durch einen Ring von Stuhlrohr oder Elfenbein offen gehalten wird. Dieser Ring schwimmt

---

in Niederschlesien zwei große Porzellanfabriken, die ihren Thon per Eisenbahn aus Halle kommen lassen. Sie rentiren gut, weil sie wohlfeiles Arbeitslohn und sehr billiges, gutes Brennmaterial haben.

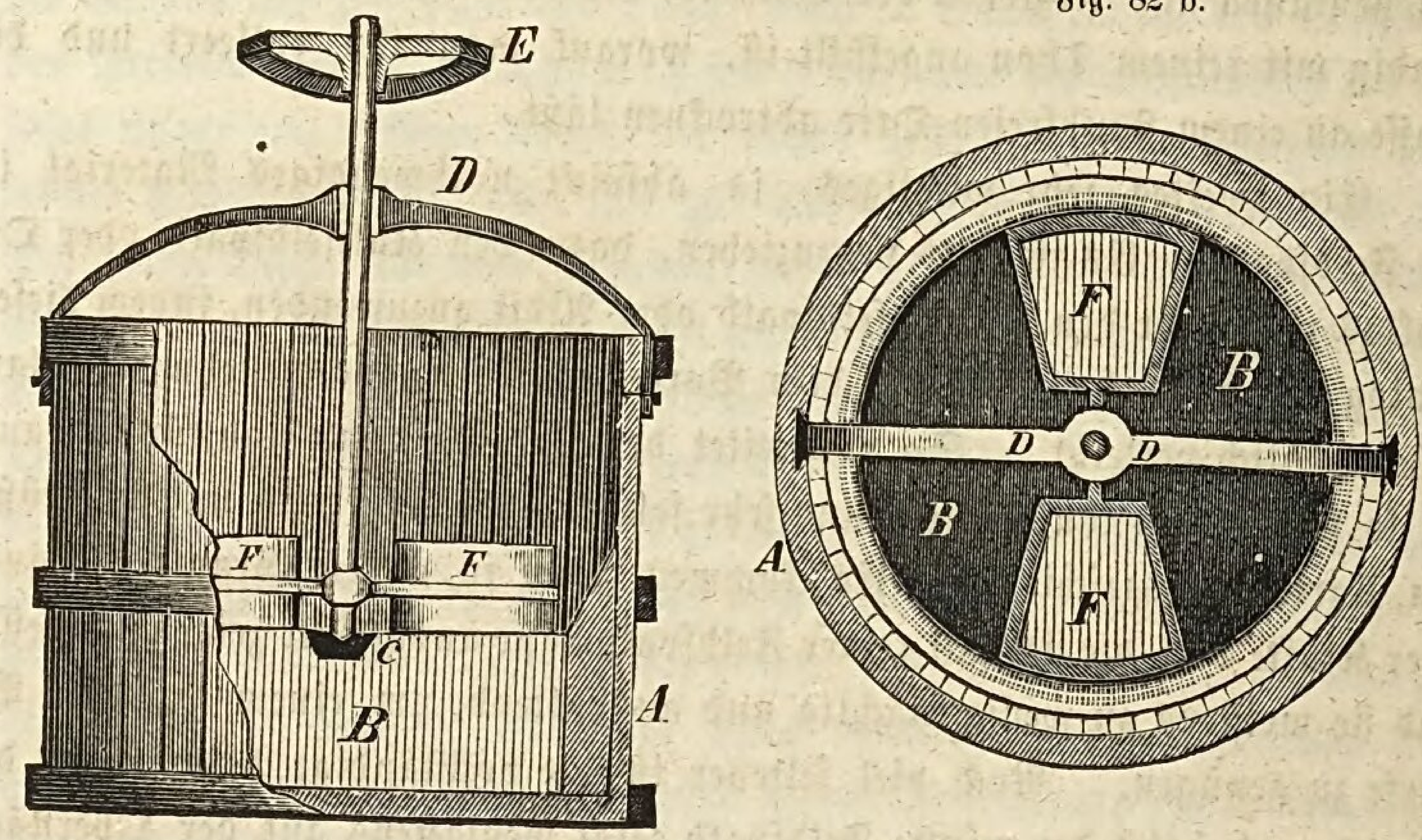
gerade unter der Oberfläche des Wassers und gestattet demnach nur den obersten klarsten Schichten abzulaufen. Man wiederholt dieses Anfüllen, Absetzenlassen und Abziehen des Wassers, bis der Schlemmbottich fast vollständig mit reinem Thon angefüllt ist, worauf man ihn entleert und die Masse an einem staubfreien Orte abtrocknen läßt.

Ein zweites sehr wichtiges, ja absolut nothwendiges Material ist der Feldspath. Es ist stets vorzuziehen, dazu den Kalifeldspath oder Orthoklas und nicht den Natronfeldspath oder Albit anzuwenden, indem dieser, analog der Soda beim Glase, dem Porzellan einen unangenehmen, blaugrünen Stich verleiht. So verbreitet der Feldspath an und für sich auch ist, so findet man ihn dennoch nur sehr selten vollständig rein und in größeren Partien ausgeschieden. Es kommen zwar in vielen Graniten Gänge oder Klüfte vor, die sich mit reiner Feldspathmasse ausgefüllt zeigen; indessen sind sie meistens zu wenig mächtig und aushaltend, um einem größeren Bedarfe zu genügen. Noch viel seltener ist die vollständige Abwesenheit des Eisens, und selbst der reinste Feldspath zeigt wenigstens auf der Oberfläche und in den Spalten eine röthliche Farbe. Ein bekannter Fundort desselben ist Lomnitz im schlesischen Riesengebirge, von wo bis jetzt viele Fabriken Deutschlands ihren Feldspath bezogen. Durch die massenhafte Ausbeutung sind indessen die daselbst vorkommenden bedeutenden Lager schon so erschöpft, und der Preis des Feldspaths ist so hoch gestiegen, daß sich selbst die nahe gelegenen Waldenburger Fabriken bewogen gefunden haben, Feldspath aus Norwegen zu beziehen, der von dort in neuerer Zeit in beträchtlicher Menge in den Handel kommt. Der Feldspath wird zuerst mit der Hand sorgfältig sortirt, abgewaschen und dann, um ihn mürber zu machen, in der obersten Etage des Porzellanofens eingesetzt. Besser wäre es vielleicht, ihn in einem besonderen Flammofen durchzuglühen und in kaltem Wasser abzuschrecken. Nachdem durch Absieben ein großer Theil des anhaftenden Eisenoxyds entfernt ist, wird er in einen Trog von Holz, besser noch von Granit, mit Pochstempeln gepocht. Die Schuhe der Pochstempel hat man vergeblich versucht aus Quarzfels zu construiren, um alles Eisen zu vermeiden, und wendet daher jetzt fast ausschließlich Pochschuhe von weißem Eisen an, dessen Härte bekanntlich die des besten Stahls übertrifft.

Nach dem Pochen folgt das Naßmahlen. Ein hierzu bestimmter Apparat (Fig. 82 a. b. Seite 406), wie deren immer eine große Anzahl in Porzellanfabriken im Gange sind, besteht aus einem starken eichenen, mit Eisen gebundenem Bottich A, dessen unteres Drittel durch einen genau anschließenden Granitstein B ausgefüllt ist.

Derselbe muß sehr hart und feinkörnig sein und wo möglich in seiner Masse wenig Eisen enthalten. Man stellt seine Oberfläche vollkommen

Fig. 82 a. Fig. 82 b.



Senkrechter Durchschnitt einer Feldspath- oder Glasurmühle.

horizontal. In der Mitte desselben ist eine eiserne Pfanne c eingelassen, in welcher sich eine eiserne Axe dreht, die oben durch einen Bügel D geht, und mittelst eines hinreichend starken Kammrades E in Umdrehung versetzt werden kann.*)

Von dieser Achse gehen zwei oder mehrere Arme aus, an denen kleine Steine F F befestigt sind. Die Art der Befestigung dieser Obersteine ist fast der einzige Unterschied zwischen den verschiedenen Arten dieser Mühlen.

Bald dient dazu eine Art eiserner Fassung, wie in der vorliegenden Zeichnung, die an der centralen Axe festgemacht ist; bald sind Eisenstangen in die Obersteine eingelassen und durch Vergießen mit Blei darin befestigt, um ihrerseits wieder an die Querarme angeschraubt oder durch Ketten damit verbunden zu werden.

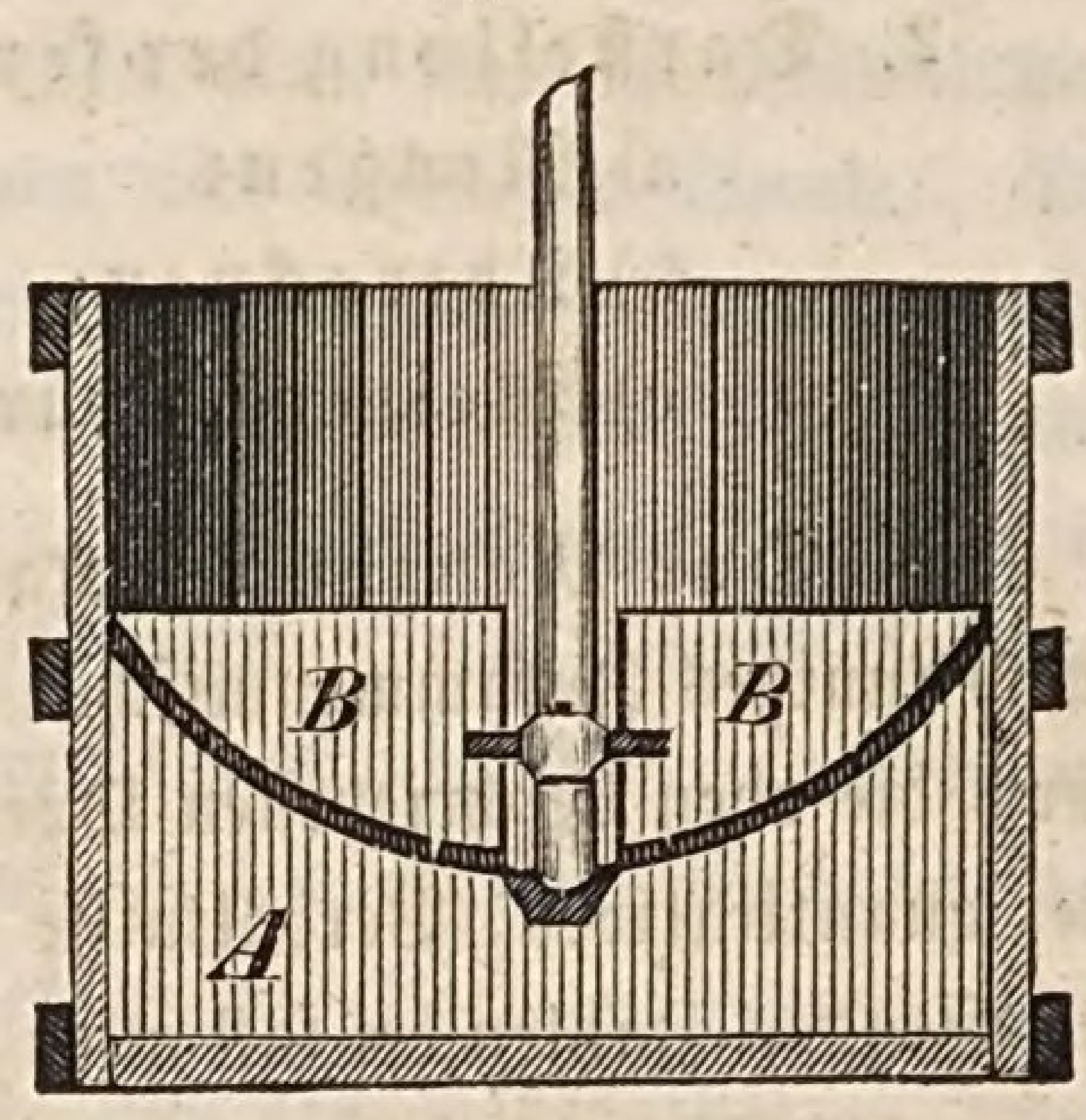
In England ist besonders die Methode üblich, die Steine unbefestigt auf den Unterstein zu legen und nur durch Schienen, welche von den Querarmen herabgehen, fortschieben zu lassen. Eine wesentlichere Verbesserung scheint

---

*) Diese Feldspath- resp. Glasurmühlen stehen in größeren Porzellanfabriken gewöhnlich in einer oder zwei Reihen nebeneinander, so daß sie durch eine dazwischen liegende, starke, horizontale Welle, die mit dem Triebwerke in Verbindung steht, in Bewegung gesetzt werden können. Natürlich sind Ausrückvorrichtungen nothwendig.

die zu sein, den Bodenstein A (Fig. 83) halbkugelförmig zu vertiefen, und den in diese Vertiefung passenden Oberstein B B in der Mitte zu durchbohren. Durch dieses Loch geht einmal die Axe durch, andererseits fließt hier die dicke Schlempe ein und wird, indem sie durch die Centrifugalkraft zwischen den reibenden Flächen ansteigt, aufs Feinste und Rascheste zertheilt.

Fig. 83.



Verbesserte Feldspathmühle mit halbrund ausgehöhltem Bodensteine A und analog geformtem Läufersteine B B.

Ist auf einer dieser Mühlen der Feldspath möglichst fein gemahlen worden, am besten so, daß er zwischen den Zähnen kein Knirschen mehr verursacht, so läßt man die Schlempe durch ein feines Sieb ab. Unumgänglich nöthig erscheint es, daß man die abgelassene Masse in dem ersten Bottiche kurze Zeit stehen und dann erst in einen zweiten überlaufen läßt, also auch noch eine Schlemmung mit demselben vornimmt.

Auf ganz ähnliche Art wird der Quarz vorbereitet, den man häufig zur Verminderung des Schwindens zusetzt. Er muß natürlich möglichst eisenfrei sein und wird ebenfalls gebrannt, gepocht, gemahlen und geschlemmt.

Es wird wohl selten vorkommen, daß man der Porzellanmasse selbst noch andere Stoffe als die bisher erwähnten zusetzt. Nur wenn der Feldspath gar zu theuer sein sollte, kann man zur Beförderung des Flusses reinen eisenfreien Kalk oder todtgebrannten Gyps in feinster Vertheilung zusetzen. In Piemont soll der Feldspath mit Erfolg durch eine natürliche kohlensaure Magnesia ersetzt worden sein, die in der Gegend von Frankenstein in Schlesien in sehr reiner krystallisirter Form vorkommt und von da in nicht unbeträchtlichen Mengen versendet wird.

Der Zusatz von gemahlenen Porzellanscherben ist nur in kleinen Quantitäten zulässig, indem dieselben die ohnedies nur wenig plastische Masse zu kurz machen. Die Versuche, die Porzellanmasse aus plastischem Thon, durch Zusatz kleiner Mengen Pottasche oder auch direct aus den chemisch rein dargestellten Materialien, die in den durch die Analyse ermittelten Proportionen gemischt werden, darzustellen, sind wie vorauszusehen war, vollständig gescheitert, indem man halbgeflossene, grau gefärbte, glasige Massen, aber kein Porzellan erhielt, dessen Charakter, als inniges mechanisches Gemenge einer

schmelzbaren und einer feuerbeständigen Verbindung, sich auf diesem Wege eben nicht nachahmen läßt.

2. Darstellung der fertigen Masse.
a) Mengen;
b) Abtrocknen;
c) Weitere Bearbeitung.

a) Das Mengen des Kaolins und Feldspaths erfolgt am einfachsten durch inniges Zusammenmischen der halbflüssigen Schlempen, wie man sie durch die oben beschriebenen Operationen erhält. Vor allem sind natürlich die quantitativen Verhältnisse zuerst zu berücksichtigen. Obwohl die betreffenden Zahlen bei fast allen Fabriken wesentlich von einander abweichen, indem die Sätze derselben nur durch die Erfahrung aufgefunden sind und im Laufe der Zeit, je nach der Art des angewendeten Kaolins und Feldspaths mannichfachen Wechsel erfahren haben, so wird doch das ungefähre Verhältniß von 3 Theilen Kaolin, resp. Quarz, wo dieser zugesetzt wird, und 1 Theil Feldspath bei fast allen der besseren Fabriken festgehalten.

Ich gebe hier einige Angaben nach Prechtl's Technologie.

In Meißen besteht der Satz aus

Kaolin von Aue	18	Theile,
„ „ Sosa	18	„
„ „ Sedlitz	36	„
Feldspath . . .	26	„
Bisquitscherben . .	2	„

Hier macht der im Kaolin vorkommende Sand den Quarz unnöthig.

Die Berliner Fabrik hat

Kaolin von Morl	76	Theile,
Feldspath . .	24	„

Die Porzellanmasse von St. Petersburg besteht aus

Kaolin von Risansky	50	Theile,
Feldspath	25	„
Quarz	25	„

Bei Ankunft neuer Posten von Kaolin in der Fabrik wird man wohlthun, die geschlemmte Masse einer genauen chemischen Analyse zu unterwerfen, um zu sehen, ob die Differenz groß genug ist, um ein verändertes Mischungsverhältniß nöthig zu machen. Jedenfalls ist es zu empfehlen, zuerst einige

kleinere Gegenstände aus der neuen Masse formen und brennen zu lassen, um zu sehen, ob wesentliche Abweichungen stattfinden, die durch einen abgeänderten Satz compensirt werden können. Es wäre natürlich äußerst leicht, die richtigen Verhältnisse bei der Mischung zu treffen, wenn man die sämmtlichen Materialien vor dem Mengen durchweg trocknen und abwiegen könnte. Da dies indessen wegen der Kosten und anderer Inconvenienzen kaum angeht, so mißt man eine kleine Menge der gut durchgerührten Schlempe ab und bestimmt durch Abdampfen und Austrocknen, wie viel trockne Substanz in derselben enthalten ist. Bei Quarz und Feldspath, deren specifisches Gewicht genau ermittelt und in allen Fällen constant ist, kann man auf einem noch kürzeren Wege, nämlich durch Ermittlung des specifischen Gewichts der Schlempe mittelst eines eingetauchten Areometers zum Ziele gelangen. Das specifische Gewicht des Quarzes ist = 2,67, das des Feldspaths = 2,55.

Habe ich daher ein Litre Schlempe vom specifischen Gewicht a, so sind darin x C. C. Quarz und 1000 — x C. C. Wasser enthalten.

Es sei das vorliegende Gewicht des Liters Schlempe 1,950 Gr., so ergiebt die einfache Formel

$$1{,}950 = 2{,}67\,x + 1{,}000\,(1 - x) \text{ oder}$$

$$2{,}67\,x - x = 1{,}950 - 1{,}000 \text{ oder}$$

$$1{,}67\,x = 0{,}950 \text{ oder } \frac{0{,}950}{1{,}67} = x$$

die Anzahl der C. Centimeter, welche der Quarz erfüllt. Ich dividire mit dem specifischen Gewicht des Körpers, minus dem spec. Gewicht des Wassers in das spec. Gewicht der Schlempe, minus dem des Wassers, und erhalte so die Raumtheile, welche der Quarz und die, welche das Wasser erfüllt. Die abgerundeten Zahlen hierfür sind 569 und 431 C. C. Multiplicire ich erstere Zahl mit dem spec. Gewicht des Quarzes, 2,67, so erhalte ich die Gewichtsmengen, die vom Quarz im Liter Schlempe enthalten sind. Man kann die Rechnung abkürzen, wenn man anstatt a — 1 (hier 0,950) erst mit 1,67 zu dividiren und dann mit 2,67 zu multipliciren, gleich mit $\frac{2{,}67}{1{,}67}$ oder 1,6 multiplicirt. Beim Feldspath ist diese Zahl $\frac{2{,}55}{1{,}55}$ oder 1,64.

Das Mischen der auf diese Art abgemessenen Substanzen erfolgt in großen Bottichen oder Bassins, in welchen man sie durch einander rührt. Am besten und innigsten geschieht es, wenn man das flüssige Gemenge durch eine Pumpe aus dem einen Bassin schöpft und durch ein Sieb in ein zweites Bassin laufen läßt, aus dem es eine zweite Pumpe immer wieder in das erste zurückbefördert.

b) Das Abtrocknen dieser flüssigen Masse zu der zum Formen nöthigen Consistenz muß rasch geschehen, damit die verschiedenen Gemengtheile nicht Zeit gewinnen, sich wieder nach ihrem specifischen Gewicht von einander zu sondern. Es ist indessen nicht dieser Umstand allein, welcher das Abtrocknen durch freiwillige Verdunstung verbietet; fast noch wichtiger ist der Einwurf, der sich gegen diese Methode aus der kaum zu vermeidenden Verunreinigung durch Staub und Schmutztheile erhebt, und nur bei kleinen, isolirt liegenden Fabriken ist es deshalb ausnahmsweise im Gebrauch. Ein zweites Verfahren besteht darin, die Schlempe durch Abdampfen von Wasser zu befreien. Man construirt zu diesem Ende lange flache Pfannen aus Eisenblech, besser aus Thonplatten, die durch eine darunter hinstreichende Flammenfeuerung erhitzt werden, und dampft die Masse darin unter zeitweiligem Umrühren zur plastischen Consistenz ab. Durch dieses Verfahren wird einerseits eine nicht unbedeutende Menge von Brennmaterial consumirt, andererseits auch die ohnedies schon geringe Plasticität der Porzellanmasse bedeutend vermindert, endlich aber die Gleichförmigkeit der Austrocknung nur unvollkommen erreicht, indem die Theile, welche der Heizfläche zunächst liegen, stärker austrocknen, als die andern. Bei eisernen Platten tritt noch die Gefahr hinzu, die Masse mit Eisenrost zu verunreinigen. Diese Abdampfmethode wird daher selten bei Porzellan, desto häufiger aber bei Steingut und anderen Thonwaaren angewendet, denen eine Verminderung der Plasticität weniger schadet. Eine sehr gute Masse erhält man, indem man die Schlempe in sehr dickwandige Formen von Gyps einfließen läßt. Diese absorbiren anfangs die Feuchtigkeit sehr rasch, später aber nur in dem Verhältniß, als sie dieselbe durch Verdunstung an ihrer äußern Oberfläche verlieren. Sie müssen nach jedesmaligem Gebrauch längere Zeit an der Luft ausgetrocknet werden, und man braucht deshalb bei einem schwunghaft betriebenen Geschäft eine sehr bedeutende Menge dieser Formen. Endlich werden sie durch wiederholten Gebrauch mürbe und müssen dann von Neuem gebrannt und umgearbeitet werden. Wenn sich etwas vom Gyps abbröckelt und in die Masse gelangt, so macht es dieselbe dort über Gebühr leichtflüssig und erzeugt daher beim Brennen Löcher in derselben. Die geringe Zähigkeit, welche die Porzellanmasse besitzt, gestattet endlich eine Methode anzuwenden, welche bei plastischerer Masse, wie z. B. Steingut unmöglich wäre, nämlich das Pressen. Man füllt zu diesem Ende die Schlempe in dicht gewebte Säcke von starker Leinwand ein, bindet diese fest zu, und hängt sie einige Zeit auf, damit der größte Theil des Wassers freiwillig abfließt. Man ordnet sie dann auf der Platte einer starken Schraubenpresse derart an, daß

die zugebundenen Enden derselben nach Innen zu liegen kommen. Damit die Masse, wenn ein Sack aufgehen sollte, noch nicht gleich ausfließt, deckt eine von Weidenruthen geflochtene Horde darüber und fährt so fort, bis die ganze Presse angefüllt ist. Schon durch den Druck der aufliegenden Schichten wird eine weitere beträchtliche Quantität Wasser entfernt. Wird nun die Presse langsam, etwa in Zwischenräumen von 1 — 2 Stunden geschlossen und zuletzt ziemlich scharf angezogen, so gelingt es fast ohne Verlust von Porzellanmasse die nöthige Consistenz in sehr kurzer Zeit zu erreichen. Sollte das Wasser trübe ablaufen, so fängt man es in große Bassins auf, in welchen sich der Rest Porzellanmasse absondert. Die Säcke müssen unmittelbar nach der Entleerung, was durch Umkrempeln geschieht, wieder mit Schlempe gefüllt werden, wodurch der einzige Uebelstand, unter dem diese Methode leidet, nämlich das rasche Mürbewerden der Säcke, auf ein geringes Maaß reducirt wird. Man hat die zweite und dritte der angeführten Methoden mit Vortheil dadurch zu combiniren gesucht, daß man das Trockenbassin aus besonders geformten, porösen Thonplatten construirt, welche durch Einmischung von Sägespänen und gelindes Brennen möglichst porös gemacht worden sind. Auch versieht man wohl den Boden desselben mit einem dicken Gypsgusse. Diese Massen absorbiren das Wasser der Schlempe auf ihrer oberen Fäche sehr rasch, um es an der dem Feuer zugewendeten Seite wieder ebenso schnell an die vorbeistreichende heiße Luft abzugeben.

c) Weitere Bearbeitung. Die so erhaltene Masse ist, wenn auch in ihrer Zusammensetzung homogen, doch in ihrem Feuchtigkeitsgehalte zu verschieden, um gleich verwendet werden zu können. Außerdem erscheint es wichtig, ihre Plasticität durch die nun folgenden Manipulationen nach Möglichkeit zu steigern.

Zu diesem Ende wird die Masse in kellerartigen, hinreichend feuchten Räumen so lange als möglich gelagert, so weit sich dies nicht durch die Unzulänglichkeit der Räume und die zu hoch anwachsenden Zinsen verbietet. Sie erleidet dabei eine eigenthümliche Veränderung. Indem die darin enthaltenen Spuren von organischen Substanzen dem Fäulnißproceß unterliegen, wird sie schwarz und stößt, wahrscheinlich durch Reduction der schwefelsauren Salze, einen deutlichen Geruch nach Schwefelwasserstoffgas aus.

Ob diese schwarze Farbe von ausgeschiedenen huminartigen Substanzen oder etwa von gebildetem Schwefeleisen herrührt, ist noch nicht entschieden.

Das allmälige Weißwerden an der Luft kann eben so gut von einer vollständigen Verwesung des Kohlenstoffes, als auch von der Oxydation des Schwefeleisens zu schwefelsaurem Eisenoxydul herrühren. Soviel ist indessen gewiß, daß durch diesen Vorgang beim Lagern die Plasticität der Masse sehr erheblich gesteigert wird, und deshalb hat man sogar den Vorschlag gemacht, durch Einmengen organischer Substanzen, z. B. von Melasse die Intensität des Fäulnißprocesses noch zu erhöhen. Es ist wahrscheinlich, daß neben der gleichmäßigen Vertheilung der Feuchtigkeit eine anfangende Verwitterung des fein vertheilten Feldspaths die Hauptursache dieser größern Plasticität ist.

Die hinreichend abgelagerte Masse wird mit einem halbmondförmig gekrümmten Eisen oder auch mittelst hölzerner Messer in feine Späne geschnitten, die wieder zusammengeschlagen, zu etwa 50 Pf. schweren Ballen geknetet und so den Arbeitern übergeben werden. Diese zertheilen dieselben nochmals, mengen die beim Formen und Drehen abfallenden Späne hinzu, schlagen die Masse wieder zusammen und formen endlich daraus Laibchen, welche gerade zu einem Stück Waare hinreichen. Die Masse muß dann durchaus homogen, frei von Luftblasen, mäßig feucht und nach Möglichkeit plastisch sein.

3) Formen. Das Formen von Porzellan gehört zu den schwierigsten Aufgaben für die Töpferei. Nicht allein, daß hier die schwierigsten und complicirtesten Formen mit scharfen und genauen Contouren hergestellt werden müssen, so ist auch außerdem die Masse neben ihrer geringen Zähigkeit äußerst empfindlich gegen Unregelmäßigkeiten des Drucks. Letztere Eigenschaft, die mit dem technischen Ausdrucke „Schwund" bezeichnet wird, äußert sich z. B. dadurch, daß diejenigen Stellen, die beim Formen einen selbst unbedeutend stärkern Druck erhalten haben, nach dem Brennen als Erhabenheiten auftreten. Die Linie, die der Arbeiter beim Drehen beschreibt, indem er die Masse zwischen Daumen und Zeigefinger in die Höhe zieht, markirt sich nach dem Brennen als eine mehr oder weniger stark angedeutete Spirale.*)

Der Grund hiervon ist derselbe, weshalb sich die Porzellanmasse allein von allen andern Thonsorten durch Pressen entwässern läßt. Durch stärkeren Druck wird das Wasser aus dieser magern Masse in die nebenliegenden Theile gedrückt, das Gefüge wird dadurch fester, das Schwinden, sowohl

---

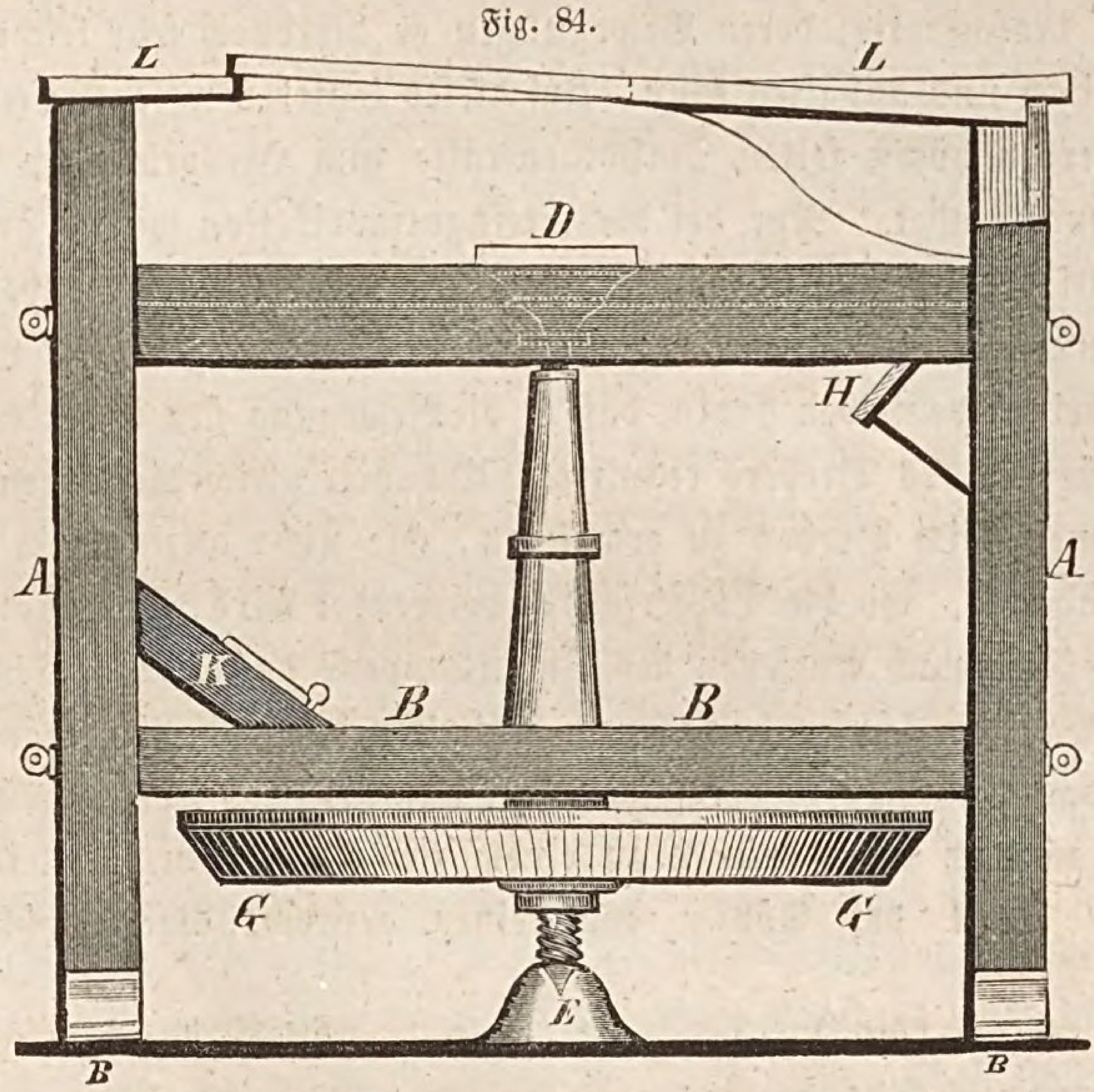
*) Deshalb ist das Formen des Porzellans durch Pressen nur auf ganz kleine Gegenstände, wie Puppenköpfe 2c. anzuwenden.

beim Trocknen, als noch mehr beim Brennen, ein geringeres, und so muß sich eine mehr comprimirte Stelle nach dem Brennen als Erhabenheit darstellen. Es unterliegt kaum einem Zweifel, daß, wenn man auf eine noch hinreichend feuchte Porzellanmasse einen erhaben gravirten Stempel, z. B. eine Münze stark aufpressen würde, alsdann aber die geprägte Oberfläche bis zum völligen Verschwinden der Prägung mit einem Messer oder Draht wegnähme, diese vollkommen ebene Fläche nach dem Brennen das Gepräge in allen seinen Details erhaben hervortreten lassen würde.

Die Hülfsmittel beim Formen des Porzellans sind nun folgende:

1) Die Töpferscheibe. Dieses einfache Instrument war schon den alten Aegyptern bekannt und hat seit der Zeit kaum irgend eine nennenswerthe Verbesserung erlitten, eben weil sie in ihrer einfachsten Construction dem zu erreichenden Zweck am besten entspricht. Sie besteht im Wesentlichen aus einer senkrechtstehenden Achse, die unten in einer Pfanne E, oben

Fig. 84.



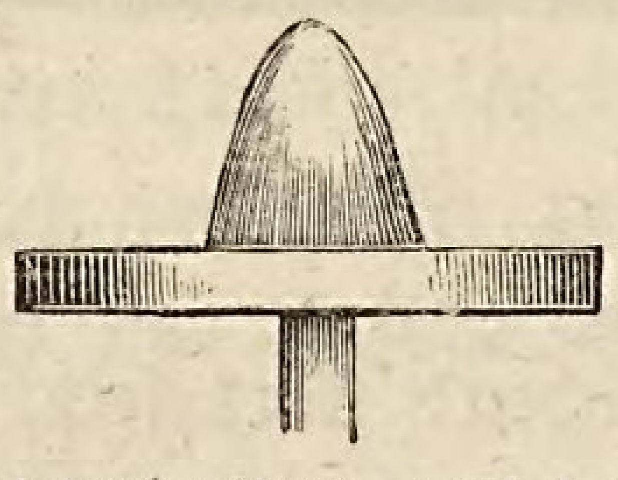
Töpferscheibe.

in einem Lagerring läuft. Sie muß hinreichend stark sein, damit sie bei der gewöhnlich angewendeten Länge von etwa 2 — 3 Fuß nicht federt. Oben auf ihr sitzt eine kreisförmige hölzerne Platte D, auf der beim Por-

zellandrehen gewöhnlich noch ein ziemlich starker Gypsblock von etwa 1 Fuß Durchmesser und 4 — 5 Zoll Höhe befestigt ist. Diese Platte dient zum Aufsetzen des auszuformenden Thonballens. Unten an der Achse ist, möglichst genau centrirt, eine zweite Scheibe G von etwa 3 — 4 Fuß Durchmesser angesetzt, die als Schwungrad fungirt und daher nicht zu leicht sein darf. Man könnte sie aus Eisen gießen lassen; gewöhnlich besteht sie indessen nur aus schwerem Holze und wird nach Bedürfniß durch einen unten angebrachten Bleiring beschwert.

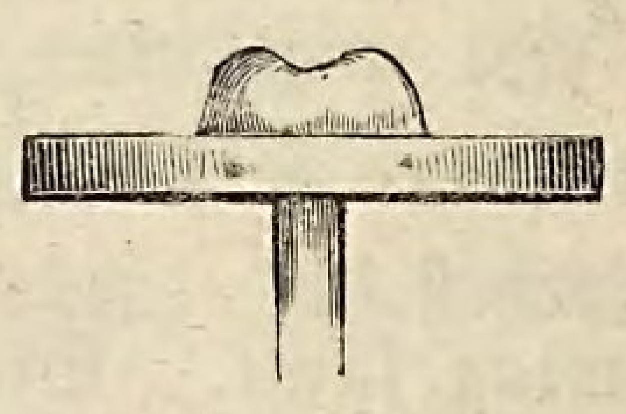
Die Töpferscheibe wird meistens durch Stoßen mit dem Fuße in Bewegung gesetzt. Zu diesem Ende sitzt der Arbeiter vor der Töpferscheibe auf einem nach vorn geneigten, etwas ausgeschnittenen Brette H und stützt sich mit dem einen Fuße gegen ein jenseits der Achse angebrachtes Fußbrett K. Der andere, meist unbekleidete Fuß dagegen hängt frei herunter, und indem ihn der Arbeiter auf die Scheibe aufsetzt und zugleich pendelartig nach vorn schiebt, bewirkt er durch die Adhäsion eine rasche Drehung der ganzen höchst einfachen Maschinerie, deren Bewegungen er hierdurch sehr leicht reguliren, beschleunigen und anhalten kann. Um dieses letzteren wesentlichen Vortheils willen werden höchst selten Maschinenkräfte zum Hervorbringen der Bewegungen angewendet. Nur bei der Steingutfabrikation wird, um dem Arbeiter völlige Muße zum Formen zu lassen, ein Gehülfe verwendet, der mittelst Schnurlauf und Kurbel die Scheibe in Bewegung setzt. Langjährige Uebung bringt denselben dahin, daß er die Bewegung fast instinktmäßig nach dem Bedürfniß des Drehers regulirt. Um hier gleich die allgemeinen Manipulationen beim Drehen zu erwähnen, die nicht allein beim Porzellan, sondern überall, wo die Töpferscheibe verwendet wird, Anwendung finden, so ist das Erste nach Aufsetzen des Thonklumpens das richtige Centriren desselben, was der Töpfer leicht durch Anhalten beider hohlen Hände erreicht, die, um das Anhaften zu vermeiden, gut naß gehalten werden müssen. Dabei wird zugleich der Klumpen zu einem ziemlich spitzen Kegel in die Höhe gezogen. Will der Töpfer nun einen geradwandigen hohlen Cylin-

Fig. 85 a.



Thonballen auf der Töpferscheibe, erstes Stadium.

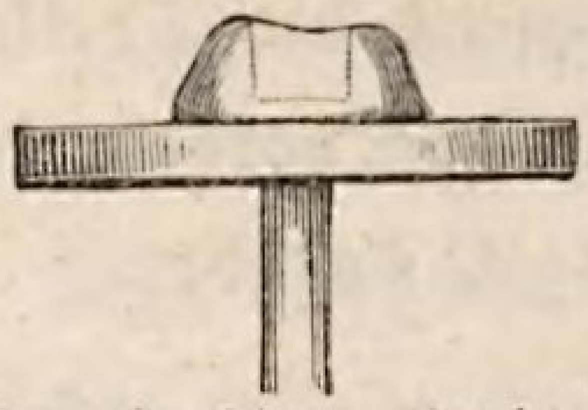
Fig. 85. b.



Thonballen auf der Töpferscheibe, zweites Stadium.

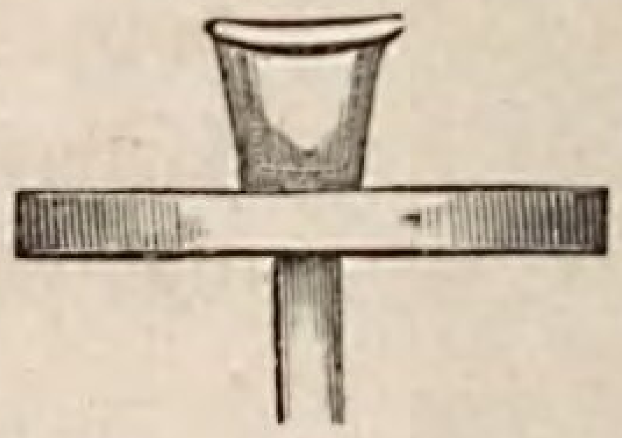
der, z. B. einen Blumentopf drehen, um hier bei einer der einfachsten Arbeiten zu beginnen), so setzt er beide Daumen auf die Mitte des Kegels

Fig. 85 c..



Thonballen, drittes Stadium, Annäherung zur Topfform.

Fig. 85 d.

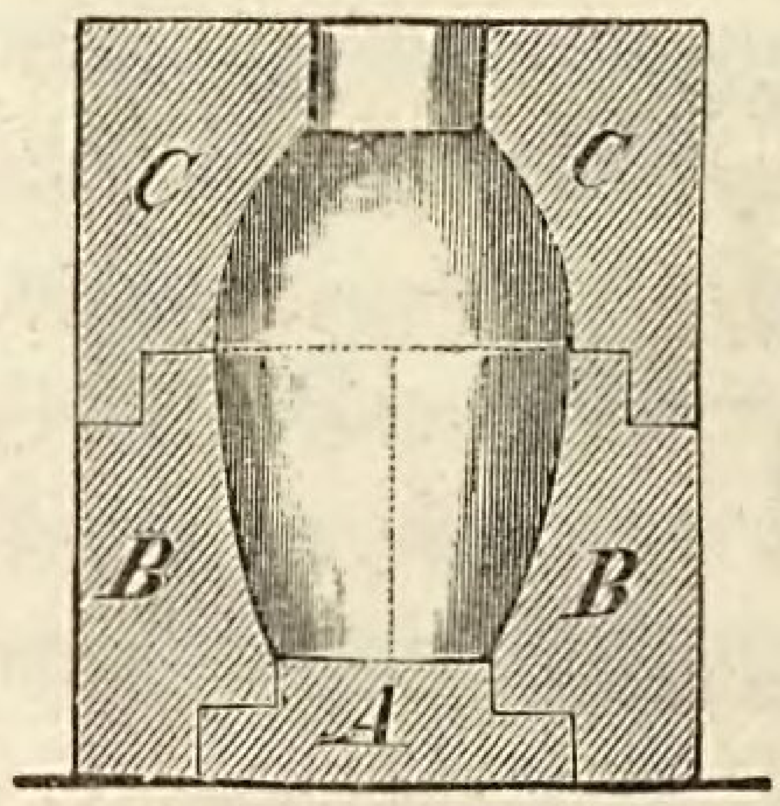


Viertes Stadium, fertiger Blumentopf.

auf und drückt sie etwas herunter. Es entsteht dadurch Fig. 85. b. Er fährt damit fort, bis er bis fast auf dem Boden angelangt ist.

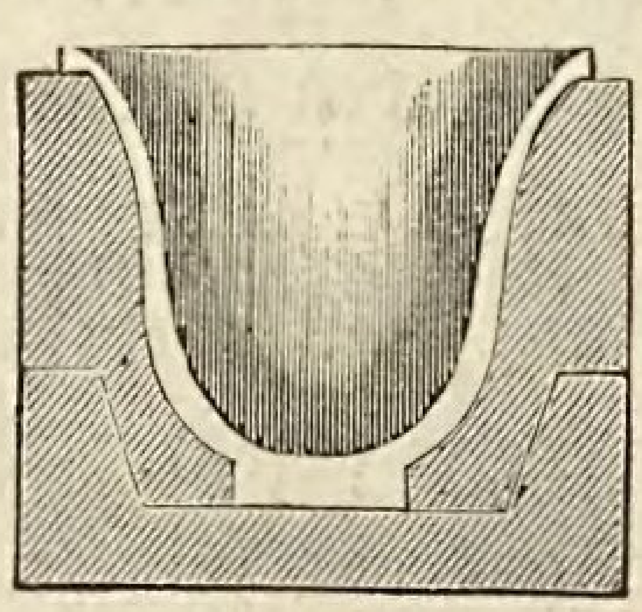
Indem er nun den Thon in dem Raume zwischen Daumen und Zeigefinger der einen Hand rotiren läßt, verdünnt er die Wand bis zu der erforderlichen Dicke und giebt endlich durch Anhalten eines geraden Eisenblechs die erforderlichen genauen Contouren. (Fig. 85 c. und d.) Der fertige Blumentopf wird mittelst eines dünnen Drathes, der an zwei Knebeln befestigt ist, dicht an der Scheibe abgeschnitten und zur Seite gesetzt. Bauchige Gefäße werden anfangs ganz auf dieselbe Weise gedreht und zuletzt, wenn der untere Theil vollkommen fertig geworden, durch etwas stärkeres Drücken am obern Theile zusammengezogen. Verstärkungen des Randes erhält man, indem man ihn nach Außen umlegt und dadurch in seiner Stärke verdoppelt. Oft werden auch mehrere Gegenstände aus einem größeren Thonklumpen nach einander gebildet, indem man nur die obere Spitze des anfangs gebildeten Kegels ausformt und nach jedesmaligem Abschneiden eine neue Spitze bildet. Auch beim Porzellan wird die Töpferscheibe als Anfang der Formengebung für hohle Gegenstände fast ausschließlich in Anwendung gebracht. Da hierdurch indessen keinenfalls die nöthige Accuratesse erzielt werden kann, werden die vorgedrehten Gegenstände im weichen Zustande meist in Gypsformen fertig gedreht. Zu diesem Ende nimmt man eine dickwandige Gypsform, die aus so viel Stücken zusammengesetzt ist, daß sie sich leicht, ohne den eingeformten Gegenstand zu beschädigen, auseinander nehmen läßt, und befestigt sie durch etwas Masseschlempe genau centrisch auf dem schon oben erwähnten Gypsblocke der Töpferscheibe. Die einzelnen Stücke der Form sind durch vorspringende Keile oder aufgesetzte Gypsringe so verbunden, daß sie sich beim Eindrehen nicht verschieben können. Wenn wir als Beispiel eine Wasserkanne wählen, so besteht die dazu nöthige Gypsform, aus 4 Stücken wie es beistehende Zeichnung Fig. 86. ausweist, nämlich aus einem

Fig. 86.



Gypsform für eine Wasserkanne.

Fig. 87.



Tasse, in Gyps eingeformt.

Bodenstück A, zwei Seitentheilen B B, die sich gegen das erstere stützen und dem Ringe C, der die angeführten Theile umfaßt und zusammenhält. Man setzt zuerst die Theile F und B zusammen, stellt dann das vorgedrehte Stück hinein und schiebt den Ring C darüber.

Eine Tassenform besteht aus dem Bodenstück c und formgebenden Ringe b, der mit der fertigen Tasse von dem ersteren Formtheile abgehoben wird. (S. Fig. 87.) Diese Formen werden über einen Kern von Holz, Metall oder gebranntem Thon aus gut gebranntem, rasch und dicht erhärtendem Gyps gegossen und, wo es nöthig, noch vor dem völligen Erhärten durch Schneiden mit Messern, Sägen 2c. ausgebessert. Die Trennung der einzelnen Formstücke wird durch eingelegte Fensterglasstreifen bewirkt. Der Gyps muß möglichst eisenfrei sein, damit etwa losgehende Stäubchen nicht das Porzellan verunreinigen.

Er wirkt lebhaft wasseranziehend, wodurch das Trocknen und leichte Ablösen von der Form sehr befördert wird. Allmälig überkleidet er sich an der innern mit der Masse in Berührung kommenden Fläche mit einem feinen Thonüberzuge, der sein wassersaugendes Vermögen sehr vermindert, was sich an dem schwierigen Ablösen der geformten Gegenstände leicht erkennen läßt. Die Form muß dann vorsichtig ausgedreht oder mit Schachtelhalm ausgeschliffen werden. Es treten hierdnrch Veränderungen in den Dimensionen ein, die, so schwach sie sind, doch nur wenige Wiederholungen dieser Manipulation gestatten. Endlich beginnt der Gyps durch das wiederholte Feucht- und Trockenwerden mürbe zu werden; er mehlt, wie der technische Ausdruck heißt, d. h. er läßt kleine Stäubchen und Körnchen los, und die Form muß dann durch eine neue ersetzt werden. Die Ueberbleibsel der alten Formen können in der obersten Etage der Brennöfen gebrannt, dann gemahlen und von neuem zu Formen verwendet werden. Die mannichfaltigen Verunreinigungen durch aus dem Wasser aufgenommene Salze 2c., machen dies Verfahren nur da zulässig, wo ein unverhältnißmäßig hoher Preis des Gypses die größte Sparsamkeit damit nöthig macht. Der Vorrath an Gypsformen in einer

schwunghaft betriebenen Porzellanfabrik muß ein sehr großer sein, und die Kosten derselben spielen keine unwichtige Rolle im Etat.

Um nun auf die Anwendung der gedachten Formen zurückzukommen, so werden dieselben soweit zusammengesetzt, daß das vorgedrehte Porzellangefäß bequem in dieselben hineingeht, und dann erst, wenn es nöthig, der schließende Ring aufgesetzt. Man sucht nun, während die Drehscheibe in Bewegung gesetzt wird, durch Drücken mit der Hand, mittelst eines Stäbchens, eines Schwammes ꝛc. die Masse fest an die Wände der Gypsform anzulegen, ohne daß Luftblasen eingeschlossen werden oder Falten entstehen. Um auch die innere Fläche genau gleichförmig und glatt zu bekommen, besonders aber um die Linien zu entfernen, welche die Furchen der Finger auf ihr hinterlassen, dreht man das Innere mittelst eines hineingehaltenen scharfkantigen, passend zugeschnittenen Bleches aus. Dasselbe wird entweder in der Hand gehalten, oder an einen hölzernen Arm befestigt, der erlaubt die Schablone genau über den Mittelpunkt der Scheibe zu stellen und sie nach Bedürfniß zu heben oder zu senken. Von besonderer Wichtigkeit ist bei diesem Abdrehen oder Abstreichen, daß man von Zeit zu Zeit sich überzeugt, ob die Wände der Gegenstände noch hinreichend stark sind, während man zugleich durch richtiges Centriren der Form für die möglichst gleichmäßige Dicke derselben sorgt. Steht die Schablone selbst etwas außer dem Centrum, so wird dadurch nur die Dicke im Allgemeinen, nicht die Gleichförmigkeit derselben beeinträchtigt.

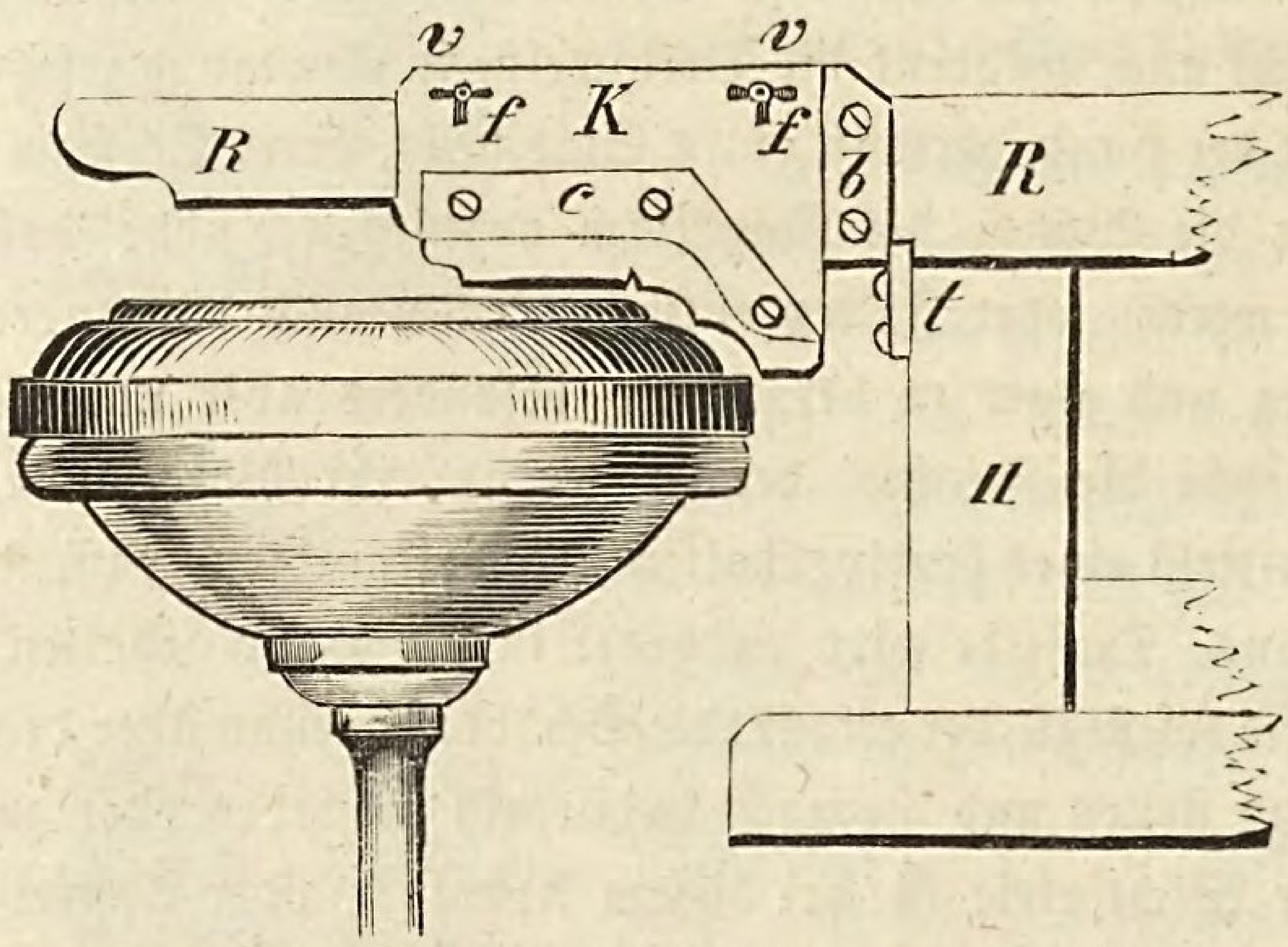
Die fertigen Geschirre werden mit sammt der Form zum Uebertrocknen bei Seite gestellt und die Formtheile erst entfernt, wenn der gedrehte Gegenstand durch Trocknen und allmäliges Schwinden sich von denselben abgelöst hat.

Etwas abweichend ist das Verfahren bei flachen Gegenständen, wie Teller und Untertassen. Wenn auch hierbei das Vordrehen und nachherige Eindrücken in die Gypsform den Vorzug verdient, so werden doch auch viele Teller aus sogenannten Schwarten oder flachen Blättern erzeugt. Man erhält dieselben auf verschiedene Weisen. Das einemal ist der Kopf der Drehscheibe mit einem naßgemachten Pergament überzogen, auf welchem man ein Masselaibchen durch Drücken mit der Hand ausbreitet. Das erzeugte Blatt wird dann mit sammt dem Pergament abgezogen und auf eine Gypsform übertragen. Eine andere Methode besteht im Auswalzen von Masse zwischen zwei niedrigen Linealen, welche die Blattdicke angeben.

Die erhaltenen Schwarten werden auf die Gypsform aufgelegt und möglichst genau und faltenfrei auf dieselbe angedrückt. Zuletzt wird auch hier zur größeren Genauigkeit ein Abdrehen mit der Schablone in Anwen-

dung gebracht (S. Fig. 88.). Die an dem festen Gestell H R verschiebbar befestigte Platte K trägt ein zugeschärftes Messingblech C, dessen schneidender Rand die genauen Contouren der gewünschten äußern Tellerform zeigt.

Fig. 88.



Nach einigem Austrocknen bis zum sogenannten lederharten Zustande werden einige Geschirre noch mit schneidenden Schablonen, ganz wie Holz, abgedrechselt. Zu diesem Ende werden sie manchmal auf hölzerne Futter aufgezogen, die an einer horizontal liegenden Drehbankspindel befestigt werden.

Eine sehr eigenthümliche Methode des Formens ist noch die des Gießens. Sie ist nur bei der Porzellanmasse anwendbar, weil diese allein hierzu mager genug ist. Es wird zu diesem Ende ein nicht allzu dünner, vollständig von Blasen befreiter Brei in sehr dickwandige Gypsformen eingefüllt. Der Gyps entzieht durch seine Porosität der unmittelbar mit ihm in Berührung stehenden Schicht Flüssigkeit so viel Wasser, daß sich auf ihm ein hinreichend dickes Blatt consistenter Masse niederschlägt. Plastischer Thon würde die Poren des Gypses momentan verstopfen und weitere Absorption verhindern. Bei Porzellan indessen, dessen Masse gewissermaßen selbst wieder porös ist, bildet sich, besonders, wenn die gefüllte Form einige Minuten stehen bleibt, ein ziemlich consistenter, 1 — 2 Linien starker Ueberzug, der sich natürlich sehr genau den Contouren der Gypsform anschließt. Die rückständige Schlempe muß entfernt werden, ohne daß dabei die abgelagerte Schicht wieder aufgerührt wird. Zu diesem Ende dürfen die zu formenden Gefäße keine zu enge Ausgußöffnung haben, weil dadurch ein zu heftiges, stoßweises Eindringen der Luft veranlaßt werden würde. Man hilft sich in einem solchen Falle durch Anbringung einer Oeffnung am Boden, die vorläufig mit einem Pfropfen verschlossen wird. Die dadurch gebliebene Oeffnung muß natürlich später mittelst einer besonders geformten Platte verschlossen werden. Die mannichfaltigen Uebelstände, die dies indessen mit sich bringt, (indem die Consistenz einer solchen geformten Platte natürlich

eine ganz andere, als die der gegossenen ist, ein Umstand, der leicht beim Trocknen und Brennen ein Reißen veranlaßt), hat häufig von der Anwendung dieses Mittels abgeschreckt. Vielleicht ließe sich durch Aussaugen mit einer weiten Pipette, durch Ablassen mittelst eines Hebers oder durch Einführen eines weiten Glasrohr's in die Ausflußöffnung, durch welches die Luft ruhig eindringen könnte, Abhülfe schaffen. Diese Methode liefert die äußerst dünnen und leichten Geschirre, durch die sich z. B. die Fabrik von Sèvres auszeichnet. Sie allein erlaubt es manche hohle Gegenstände, wie Röhren, tubulirte Retorten ꝛc. darzustellen, die sich auf keine andere Weise formen lassen. Auch zu den sonst so schwierig herzustellenden großen Porzellanplatten soll sie ausschließlich Anwendung finden. Gedrehte oder geschnittene Platten bleiben nie ganz eben, weil es unmöglich ist, eine Ungleichmäßigkeit des Druckes beim Formen derselben zu vermeiden, und nur eine durchaus homogene Masse gleichmäßige Verhältnisse des Schwindens beim Brennen zeigt. Der Hauptübelstand dieses Verfahrens ist die große Menge Gypsformen, deren man benöthigt ist, weil jede einmal gebrauchte Form so lange stehen bleiben muß, bis sie das angezogene Wasser wieder vollständig durch Austrocknen verloren hat.

Henkel und Schnautzen werden besonders geformt und dann mit Masseschlicker angesetzt; die dadurch verbundenen Stellen müssen genau gleich weit abgetrocknet und die Masse beider Theile muß möglichst gleichartig sein. Man thut wohl, die Berührungsstellen durch Ritzen mit einem Messer vorher rauh zu machen. Die Henkel werden gewöhnlich in einer zweitheiligen Gypsform aus Thonwelgern gepreßt, doch hat man auch Maschinen nach Art der Maccaronipressen, welche ein zusammenhängendes Band von dem geforderten Querschnitt liefern, das nur in der entsprechenden Länge abgeschnitten und nach Bedürfniß gebogen zu werden braucht, um fertige Henkel zu ergeben.

Um schließlich einige besondere Methoden der Verzierung zu erwähnen, so gehört dahin zuerst die sogenannte durchbrochene Arbeit, die übrigens jetzt etwas aus der Mode gekommen zu sein scheint. Man erhält dieselbe auf eine ziemlich mühevolle Weise, indem man die Durchbrechungen im lederharten Zustande mit einem Messer ausschneidet.

Bei feineren Verzierungen, z. B. Nachahmungen von Schleiern, Spitzen ꝛc., die an den sogenannten Nippfigürchen angebracht werden, erreicht man seinen Zweck auf folgende sinnreiche Weise. Man schneidet von einem ähnlichen spitzenartigen Gewebe ein passendes Stück heraus und befestigt es mit Porzellanmasse an der passenden Stelle. Hierauf überzieht man es durch wiederholtes Ueberstreichen mittelst eines Pinsels mit Masse-

schlempe, die an den Fäden adhärirt. Beim Brennen werden die Fäden zerstört, während die adhärirende Porzellanmasse festbrennt. Aehnliche Verzierungen werden auch ausgeführt, indem der Arbeiter mit einem zugespitzten Hölzchen die Porzellanmasse Tropfen für Tropfen an der passenden Stelle anbringt.

Die Meißner Porzellanfabrik excellirt in Verzierungen durch Blumen und Blätter, welche die Natur oft täuschend nachahmen. Die dazu nöthigen feinen Blätter werden in Gypsformen, eine große Anzahl auf einmal, gepreßt und dann nach einem vorliegenden Modell zu Blumen und Bouquets zusammengesetzt. Staubfäden und andere Theile werden mit Bossirgriffeln gefertigt und angebracht. Die Unmöglichkeit, längere freischwebende Theile, wie Stengel rc. in Porzellan auszuführen, die sich beim Trocknen und Brennen unfehlbar verziehen, oder zusammensinken würden, beschränkt einigermaßen die Auswahl unter den zu copirenden Blumen. Werden die Blätter mit dem Bossirgriffel in der inneren Handfläche geformt, so ahmen die Furchen der Hand das Geäder der Blätter ziemlich täuschend nach. Die weitere Vollendung durch Farbengebung findet erst nach dem Glasiren statt.

So sehr diese Meißner Blumen gerühmt werden, so sind sie doch plump und unschön, sobald man sie mit den Producten einer neueren Manier vergleicht, die der Natur selbst entnommen sind. Man hat augenscheinlich ein natürliches Blatt, etwa durch Eintauchen in Masseschlempe oder durch Aufstreichen mittelst eines Pinsels mit einem Ueberzuge von Porzellanmasse versehen, die dann nach dem Brennen die natürliche schöne Form in der vollkommensten Weise copirt. Der Verfasser hat Wein- und Epheublätter gesehen, die durch ihre vollkommene Naturwahrheit, so wie durch die durchscheinende zarte weiße Masse von einer wahrhaft wunderbaren Schönheit erschienen.

In der neueren Zeit sind die Statuetten aus verglühtem Porzellan, dem sogenannten Biscuit, wegen ihrer künstlerisch schönen Formen sehr beliebt geworden. Sie werden in Gypsformen angefertigt, nachträglich aber noch vielfach durch Bossiren nachgebessert.

Wollte man ihnen Glasur geben, so würden dadurch ihre feinen Contouren jedenfalls zerstört werden und sie gerade ihre eigenthümliche Schönheit verlieren. Die Statuetten, aus der gewöhnlichen, auf dem Continent angewendeten strengflüssigen Masse zeigen immer einen kalten, blauweißen, das Auge des Künstlers beleidigenden Ton. Außerdem werden sie wegen ihrer größeren Porosität leicht durch Staub und Schmutz verunreinigt. Diese

Fehler sind sehr glücklich bei der sogenannten Parianmasse überwunden worden, aus der in neuerer Zeit in England von Copeland Statuetten von wirklich überraschender Schönheit angefertigt werden. Sie haben einen schwach gelblichen Ton und einen wachsartigen Glanz, der verbunden mit einem geringen Grad von Durchscheinenheit die Vergleichung der Masse mit dem parischen Marmor vollkommen rechtfertigt.

Die Ausstellung von 1851, auf der die Engländer Gelegenheit hatten die besten neueren Kunstwerke des Continents in Augenschein zu nehmen, hat sichtlich auf die Ausbildung ihres Schönheitssinnes influirt, was sich in den edeln, schönen Formen, die sie dieser Masse gegeben, documentirt. Dieselbe ist wahrscheinlich aus einem etwas eisenhaltigen Kaolin, (daher der gelbe Ton), mit einem etwas größeren Zusatz von Flußmitteln angefertigt. Es ist anzunehmen, daß auch hier, wie beim englischen Fritteporzellan überhaupt, die weißgebrannten Knochen eine Hauptrolle spielen. Möglich wäre es indessen, daß es dieselbe Masse ist, welche zum Anfertigen der englischen Porzellanschreibtafeln angewendet wird, die in neuerer Zeit vielfach in den Handel kommen. Sie sind sehr glatt, matt glänzend und von dichtem Gefüge, so daß die darauf gemachten Striche sich leicht wieder wegwischen lassen. Eine Analyse derselben durch Faist ergab einen Gehalt von:

15% Natron,
47% Thonerde,
38% Kieselerde.

Vielleicht ließen sich dieselben auch durch das sogenannte Reaumur'sche Porzellan (s. d.) nachahmen.

Zum Schluß dieser Notizen über die Formgebung bleibt mir nur noch die Anfertigung der allbekannten und allbeliebten Lithophanien zu berühren. Es sind dies Platten von Biscuitporzellan, die mit ziemlich viel Flußmittel versetzt und scharf gebrannt, daher, an den dünnen Stellen wenigstens, ziemlich durchscheinend ist. Hierdurch entstehen die Lichter der Zeichnung, während die Halbtinten und Schatten durch die Stellen von größerem Relief hervorgebracht werden. Die Darstellung der Lithophanien beginnt mit der Anfertigung eines Wachsbildes, das in allen seinen Theilen der fertigen Lithophanie gleicht und aus ganz analogen Gründen denselben Effect hervorbringt. Man breitet zu diesem Ende auf einer Fensterscheibe in einem dunkel gehaltenen Zimmer eine dünne gleichmäßige Schicht Wachs aus und bearbeitet dasselbe nun nach Angabe einer Zeichnung mit Bossirgriffeln so lange, bis der gewünschte Effect vollständig erreicht ist. Da die senkrechte Stellung der Platte sehr unbequem zum Arbeiten ist, kann man

sie auch in einen Rahmen befestigen, der etwa um 45° gegen den Horizont geneigt ist und unter derselben einen wagerecht liegenden Spiegel anbringen, der das Licht auf dieselbe reflectirt. Ueber diese Modellplatte wird nun mit den üblichen Vorsichtsmaßregeln ein Gypsabguß gefertigt und in diesen nach dem Erhärten ein gewalztes Masseblatt eingedrückt, worauf man die hervorstehenden Theile mit einem Drahte abschneidet und die ganze Fläche ebnet. Wenn man eine solche Lithophanie selbst wieder als Form für ein Porzellanblatt anwendet, so erhält man hierdurch ein sogenanntes negatives Bild, welches beim Durchsehen die Lichter und Schatten verkehrt zeigt. Wenn man aber diese fertige negative Platte mit einer farbigen, aber durchsichtigen Glasur so stark überzieht, daß die erhabensten Stellen der Platte gerade noch mit der farbigen Glasur bedeckt erscheinen, so erhält man nach dem Einbrennen derselben beim Daraufsehen ein farbiges positives Bild, indem die Farbenintensität mit der Dicke der Schicht in den Vertiefungen zunimmt, während das durchscheinende weiße Porzellan die höchsten Lichter bildet.

Die mannichfachen Nachahmungen der Lithophanien in Wachs, Stearin ꝛc. sollen hier nur andeutungsweise erwähnt werden.

Alle diese so geformten Porzellangegenstände müssen bei gelinder Wärme, im Schatten und vor Luftzug geschützt getrocknet werden. Dies geschieht auf Gestellen, die meistens in den Formstuben selbst angebracht sind. Die fertigen, aus den Gypsformen genommenen Gegenstände werden auf Bretter gestellt und mit diesen in die Gestelle geschoben. Die Heizung der Stuben erfolgt meist von den Brennöfen aus, die nach dem Abbrennen, wenn oben der Schornstein geschlossen und eine oder mehrere seitliche Oeffnungen aufgemacht werden, genügende Wärme liefern, um in denselben eine Temperatur von 18 — 20° C. zu unterhalten. Natürlich muß durch gute Ventilation für die Abführung der mit Feuchtigkeit gesättigten Luft Sorge getragen werden. Man bringt zu dem Ende am Boden Oeffnungen an, die mittelst nicht zu enger Kanäle mit einer gut ziehenden Esse correspondiren. Diese Art Heizung erscheint besonders deßhalb so geeignet, weil sie allen Rauch und Schmutz vermeidet, der der Reinheit der Oberflächen beim nachherigen Brennen schaden könnte. Nach dem völligen Austrocknen werden die Arbeiten durch Abschaben der Näthe ꝛc. fertig gemacht und dann zum Verglühen in die Brennöfen eingesetzt. Da dies nur nebenbei durch die abfallende Wärme beim Einbrennen der Glasur erfolgt, so erscheint es nothwendig, ehe ich zur Beschreibung des Brennens schreite, erst die wichtige

Operation des Glasirens zu erwähnen, welcher bei weitem der größte Theil aller Porzellangeschirre unterworfen wird. Wenn auch die verglühten Gegenstände der Einwirkung des Wassers schon vollkommen widerstehen, so eignen sie sich doch wegen ihrer Porosität und Rauhheit durchaus nicht zum täglichen Gebrauch. Die Glasur ist im Wesentlichen nichts anderes als ein höchstens papierstarker Ueberzug eines Kalithonerdeglases, der, vollständig weiß und durchsichtig, dem Geschirre den eigentlichen Glanz, die vollkommene Glätte und die Undurchdringlichkeit durch Flüssigkeiten verleiht. Als Basis derselben kann man den reinen Feldspath betrachten, der nach dem Grade des angewendeten Feuers mit Quarz und Kaolin, oder andrerseits mit Kalk, todt gebranntem Gyps oder Magnesia versetzt wird. Diese Zusammensetzung sichert der Glasur einerseits eine große Härte und Unzerstörbarkeit durch chemische Agentien, andererseits befördert sie auch sehr die Adhäsion an die unterliegende Masse, indem die Glasur gewissermaßen mit den eingemengten Feldspaththeilchen der letzteren zusammensintert und einen sehr wenig von derselben verschiedenen Ausdehnungscoefficienten besitzt. Da außerdem die Glasur nur in einer äußerst dünnen, elastischen Schicht aufliegt, so gehören Glasurrisse beim Porzellan zu den Seltenheiten, während sie z. B. bei Steingut und Kacheln die Regel bilden.*)

Diesen ausgezeichneten Eigenschaften der Porzellanglasur steht allein ihre große Strengflüssigkeit gegenüber, die eigenthümlich construirte Oefen und die Anwendung von sehr viel und sehr gutem Brennmaterial verlangt. Porzellan wird daher im Scharffeuer glasirt und im schwachen Feuer verglüht, während bei Waaren mit bleihaltiger Glasur, wie Steingut ꝛc., gerade das Umgekehrte stattfindet.

Die Glasur muß vollständig farblos sein und die Materialien müssen daher mit großer Sorgfalt ausgesucht und behandelt werden. Der Feldspath wird gerade, wie beim Zusatz zur Masse erwähnt ist, behandelt und nur, wo möglich, noch feiner gemahlen und geschlemmt. Auf ähnliche Weise werden die übrigen Zusätze behandelt und nach dem sorgfältigsten Mischen wird wohl allgemein nochmals ein Schlemmen der Mischung vorgenommen. Um die feineren Theilchen länger in Suspension zu erhalten,

---

*) Die Vases craquelès aus China, die von Liebhabern sehr gesucht und theuer bezahlt werden, sind nichts anderes als Porzellangeschirre, deren Glasur wahrscheinlich in Folge eines Zusatzes von Speckstein mit ziemlich regelmäßigen Glasurrissen durchzogen ist.

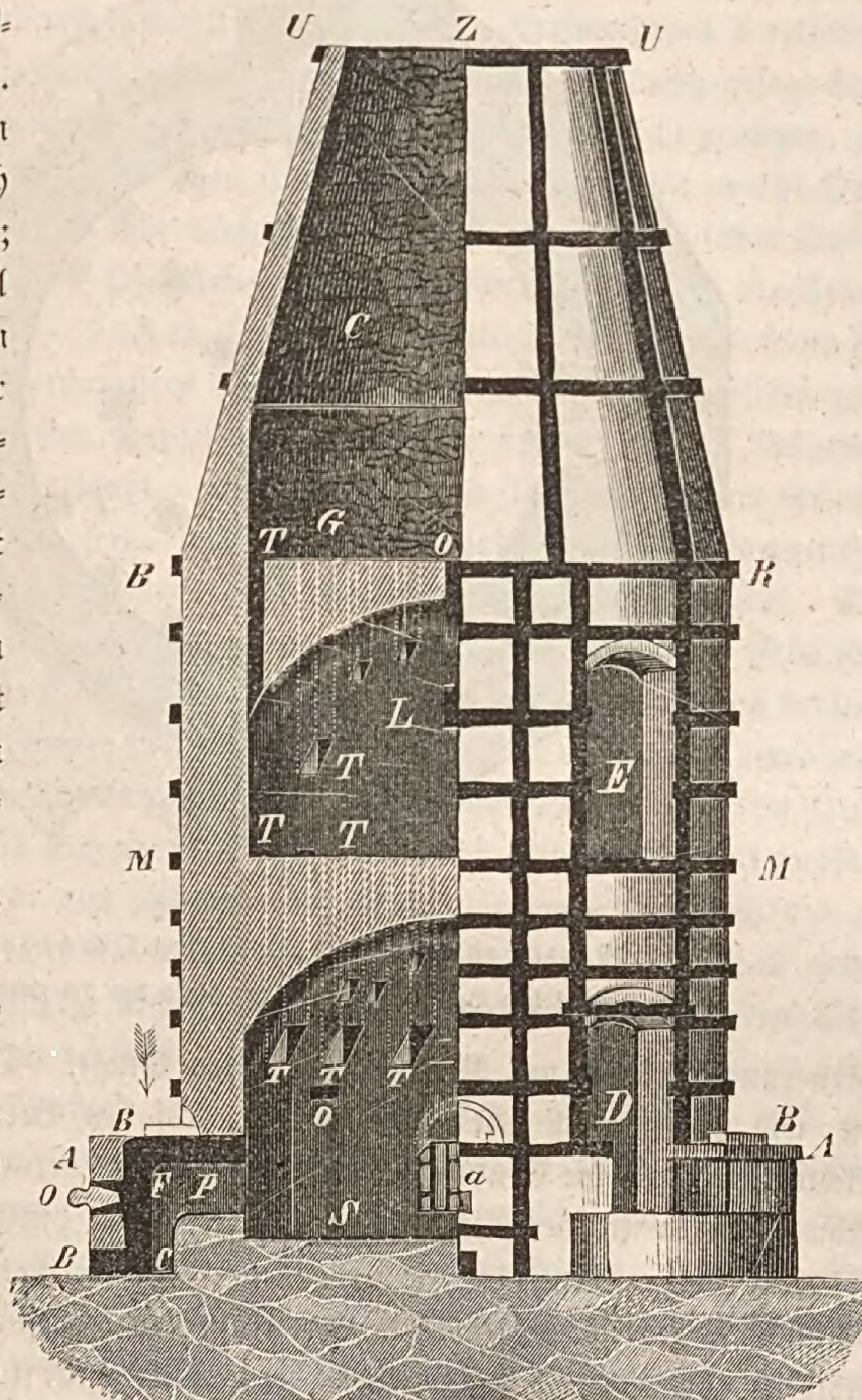
ist der Zusatz einer kleinen Menge Essig empfohlen worden, ein Mittel, das ohne Zweifel wirksam, dessen Grund aber noch wenig erforscht ist. Jedenfalls muß dem Glasiren immer ein tüchtiges Aufrühren vorhergehen. Die Glasurkübel müssen vor Staub durch Bedecken geschützt werden; auch wird man wohl thun, jeden Morgen das überstehende Wasser zu beseitigen und durch frisches zu ersetzen, um eine anfangende Fäulniß desselben und damit die Bildung von Bläschen auf der Glasurdecke zu vermeiden.

Die Operation des Glasirens ist ganz derselbe Vorgang, wie das oben erwähnte Formen des Porzellans durch Gießen, nur daß der Akt der Einsaugung, auf wenige Augenblicke beschränkt, nur eine sehr dünne, aber gleichmäßige Glasurdecke bilden kann. Um besonders diese Gleichmäßigkeit vollständig zu erreichen, beobachtet der Arbeiter die Vorsicht, das Geschirr, wo es irgend angeht, in der Glasurbrühe derartig zu wenden, daß der zuerst eingetauchte Theil auch zuerst wieder aus der Flüssigkeit entfernt wird. Von Zeit zu Zeit muß eine kleine Quantität Wasser nachgegossen werden, da dasselbe in einem bei weitem größeren Verhältnisse als die festen Theile absorbirt wird. Nach längerer Arbeit muß natürlich wieder Glasurschlempe zugegeben werden. Die Theile, an welchen der Arbeiter die Geschirre gehalten hat, werden nachträglich durch Ueberstreichen mit einem Pinsel mit Glasur versehen. Abgesehen davon ist auch das Glasiren selten so vollständig gelungen, daß nicht noch eine Nachbesserung nöthig sei. Die Glasurwülste, Tropfen, durch hängen gebliebene entstanden, müssen entfernt, ebenso die Theile, auf welche das Gefäß beim Brennen gestellt wird, z. B. der untere Rand der Teller, oder die man aus irgend einem andern Grunde matt zu halten wünscht, durch Abschaben oder Abbürsten von der Glasurdecke befreit werden.

Will man ganze Parthieen von Glasur frei halten, um sie z. B. nachträglich mit einer farbigen Glasur zu überziehen, so bemalt man das verglühte Geschirr an dieser Stelle mit einer Auflösung von Wachs in Terpentinöl, die natürlich das Eindringen des Wassers und damit das Absetzen von Glasur auf diesen Theilen verhindert. Nach dem Einbrennen der farblosen Glasur können die reservirten Stellen ganz wie oben durch Eintauchen mit farbiger Glasur überzogen werden. Es begreift sich leicht, daß schon Spuren von Fett genügen, um ein partielles Ausbleiben des Glasurüberzuges hervorzurufen. Es muß daher streng darauf geachtet werden, daß die größte Reinlichkeit bei dieser Operation beobachtet wird, und ein alter Gebrauch verbietet hierbei sogar das Tabakschnupfen.

4) Das Brennen. Oefen. Kapseln. Einsetzen. Brand. Ausnehmen. Das Brennen des Porzellans ist eine von den Operationen, welche die höchsten Temperaturen und daher die besteingerichteten Oefen, das beste Brennmaterial und die größte Aufmerksamkeit erheischen. Die Geschirre sollen erweichen und doch sich nicht verbiegen; die Glasur soll schmelzen, ohne in das poröse Geschirr einzuziehen und nebenbei ihre vollständige Durchsichtigkeit und Reinheit behalten. Endlich dürfen auch die Kosten nicht zu hoch steigen, um der vielfältigen Concurrenz begegnen zu können. Alle diese so schwierig zu vereinbarenden Forderungen nöthigen zu folgender Construction der Oefen und zu folgendem Betriebe, wie er durch langjährige Erfahrung festgestellt worden ist. Zum Porzellanbrennen bedient man sich allgemein ein und derselben Art von Oefen, die eben nur in den Dimensionen von einander abweichen und dem Prinzipe nach hohe stehende Flammöfen darstellen, an deren Peripherie mehrere Feuerungen vertheilt sind. Fig. 89a zeigt auf der rechten Hälfte die perspectivische Ansicht

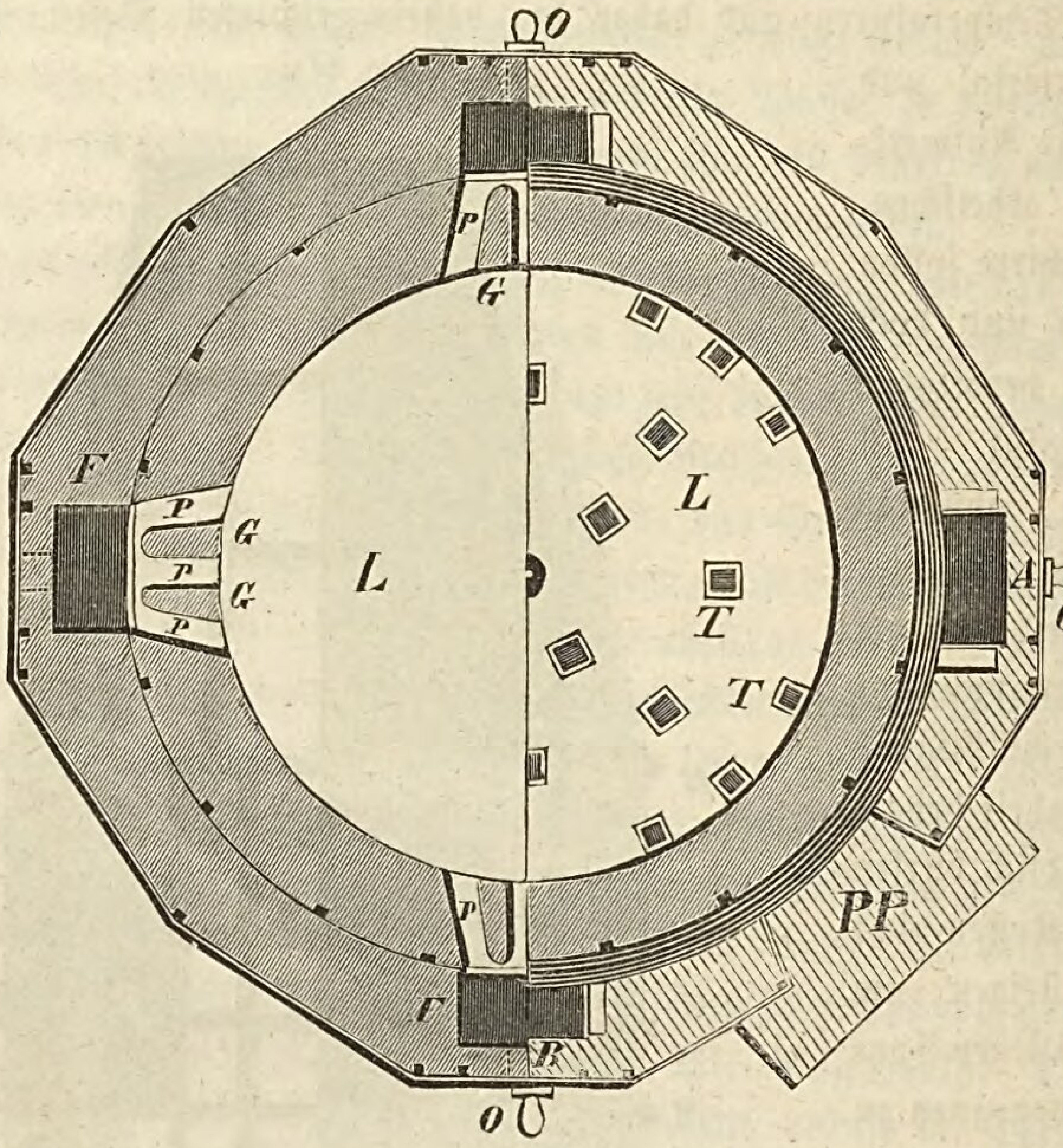
Fig. 89 a.



Porzellanofen,
äußere Ansicht und senkrechter Durchschnitt.

auf der linken Hälfte den senkrechten Durchschnitt eines solchen Ofens. Fig. 89b giebt den horizontalen Durchschnitt rechts in der Höhe der

Fig. 89b.



Porzellanofen im horizontalen Durchschnitt,
zeigt rechts den Boden der untersten, links den der zweiten Etage.

Feuerungen, links am Boden der zweiten Etage. Der gezeichnete Ofen ist, wie ursprünglich alle Porzellanöfen, auf den Betrieb mit Holz eingerichtet, da durch die Einführung der Steinkohlenfeuerung nur unwesentliche Abweichungen in der Einrichtung der Feuerung hinzutreten. Der Ofen erscheint von außen als ein stehender Cylinder, der sich oben zu einem Rauchfange kegelförmig zuspitzt. Am Fuße desselben sind die Feuerungen B vertheilt, die vor die Wand etwas vorgerückt sind, so daß nur die reine Flamme in den Ofen gelangen kann. Der cylindrische Raum dient als Brennraum und zugleich als Esse, die wegen ihrer beträchtlichen Höhe einen vortrefflichen Zug hervorbringt, besonders wenn sie, wie es beim Brennen geschieht, mit Geschirren vollgesetzt ist. Durch zwei Gewölbe M und R zerfällt dieser Raum in drei Etagen, deren unterste S die glasirten Geschirre aufnimmt, die daselbst der heftigsten Weißglühhitze ausgesetzt sind. Die

darauf folgende heißt der Verglühraum C und dient zum ersten Brennen der geformten Stücke bei halber Rothgluth, während im obersten Raume G Kapseln gebrannt, der Feldspath geröstet und andere Nebenarbeiten vorgenommen werden. Diese letztere geht unmittelbar in die Esse C über, die zur Abführung der heißen Gase bestimmt ist. Die Gewölbe, welche die Etagen trennen, sind mit symmetrisch angeordneten Oeffnungen T T versehen, durch welche die Flamme gleichmäßig vertheilt wird. Beiläufig gesagt kann hierzu beim Verglühraum auch eine einzige weite Oeffnung O genügen, die nach dem Brennen durch Auflegen einer Platte, ebenso wie die oberste Oeffnung U U durch eine Klappe verschlossen werden kann. Der lichte Durchmesser des cylindrischen Ofentheils beträgt zwischen 10 — 12, die Totalhöhe etwa zwischen 40—50 Fuß. Die Höhe der untersten Etage wird selten die Dimensionen des Durchmessers übertreffen, wenigstens wenn nicht ein ganz ausgezeichnet feuerfester Kapselthon zu Gebote steht, der das Aufbauen höherer Kapselsäulen erlaubt. Der Verglühraum kann aus diesem Grunde schon bedeutend höher sein, weil seine bedeutend niedrigere Temperatur kein Erweichen und Zusammendrücken der Kapselstöße befürchten läßt. Die Höhe der Kuppel ist wesentlich von der Höhe des umschließenden Gebäudes abhängig, über dessen Dachfirst die obere Mündung noch um einige Fuß herausragen muß. Das Innere des Ofens, besonders des unteren Raumes muß mit sehr feuerfesten Chamottesteinen ausgesetzt werden, die zu dem Ende am besten gleich als Segmente des entsprechenden Ringes geformt werden. Ebenso ist der Boden aus auf die hohe Kante gesetzten Chamottesteinen gebildet und ein Gleiches findet bei den beiden Gewölben statt. Nach außen folgt eine etwa dreifüßige Schicht von gewöhnlichen Steinen, die dem Ofen die gehörige Festigkeit verleiht.

Wir finden also hier, wie bei den Hohöfen, ein Futter- und ein Rauhmauerwerk, und um die Analogie noch weiter zu treiben, ist auch hier eine Zwischenlage von Sand oder Asche üblich, welche der heftigen Ausdehnung des Futtermauerwerks beim Brande nachgiebt. Ebenso sind eiserne Bänder mit Schließkeilen, daneben aber auch senkrecht herabgehende Anker nothwendig, um Sprünge zu vermeiden. Was nun die Constructionen der Feuerungen anbelangt, so weichen sie etwas von einander ab, je nachdem Holz oder Steinkohlen als Brennmaterial angewendet werden. Ursprünglich wurde immer nur mit Holz gebrannt und dasselbe ist heutzutage noch in mehreren der ausgezeichnetsten Porzellanfabriken das einzige Brennmaterial, so z. B. in Berlin und wenn ich nicht irre auch in Sèvres. Bei den für den großen Verbrauch bestimmten Artikeln würde diese Art Feuerung

in den meisten Gegenden schon zu theuer zu stehen kommen, und man muß daher zur Steinkohlenfeuerung seine Zuflucht nehmen. Die Unreinheit der Steinkohlenflamme hat wenig auf sich, da die Geschirre doch eingekapselt werden. Die Meißner Fabrik bedient sich sogar ausschließlich der böhmischen Pechbraunkohle, die freilich durch die Länge und hohe Temperatur ihrer Flamme, sowie durch ihren ganzen äußern Habitus der Steinkohle sehr nahe steht.

Bei Holz wird ausschließlich das Princip der sogenannten oberschlächtigen Feuerungen angewendet. Unmittelbar an die Ofenwand angerückt, befindet sich ein viereckiger Kasten B von feuerfesten Steinen aufgeführt, der unten auf etwa ein Drittel seiner Höhe durch einen breiten Kanal P, welcher die Wand des Ofens durchsetzt, mit dem Innern desselben in Verbindung steht. Dieser Kanal ist durch eingemauerte Zungen in mehrere Füchse getheilt, die fächerförmig divergiren. Unmittelbar unterhalb dieses Kanales springt die Mauer etwas in den Feuerkasten vor und bildet so einen Absatz, der zum Auflegen der Holzscheite dient. Der darunter liegende Raum nimmt die rückständige Kohlengluth und Asche auf, die bei zu großer Anhäufung leicht durch eine unten angebrachte Oeffnung beseitigt werden können; das durch einen Thonstopfen verschlossene Loch O Fg. 89 b. läßt, falls es nöthig, noch mehr frische Luft hinzu. Die Breite dieses Kastens beträgt gewöhnlich 18 Zoll, als das Maaß, zu welcher Länge die Holzscheite meistens zerschnitten werden, die Länge desselben variirt etwas, je nach der Güte des Brennmaterials, der Temperatur der Luft und den Dimensionen des Ofens. Ist der letztere sehr groß, so muß dem entsprechend auch eine größere Menge Holz in derselben Zeit verbrannt werden, um eine den ganzen Ofen genügend ausfüllende Flamme zu erzeugen, und man ist dadurch genöthigt, einen ziemlich langen Feuerkasten anzuwenden. Ist das Holz von bester Qualität, oder ist der Zug sehr lebhaft, wie dies im Winter bei klaren Tagen stattfindet, so kann man den Feuerkasten durch Einschieben von Thonplatten verkürzen. Beim Anfange des Feuers geht der Zug von unten durch die angeführten Oeffnungen, also wie bei den meisten anderen Feuerungen. Beim Anfange des Scharffeuers dagegen werden diese Oeffnungen vollständig geschlossen und die Luft dringt dann von oben in der Richtung des Pfeiles durch das regelmäßig aufgeschichtete Holz. Sie trocknet es aus, erwärmt sich allmälig durch die strahlende Wärme und giebt so eine äußerst vollständige Verbrennung, eine äußerst hohe Temperatur. Bei Stein- und Braunkohlenfeuerung ist nur noch die Zugabe eines Rostes nöthig, zu dem man von der untern Zugöffnung leicht gelangen kann. Hat man sehr reine aschenfreie Steinkohle, so

ist ein Reinigen des Rostes nicht allzuoft vorzunehmen. Die obere Oeffnung des Feuerkastens dient zum Nachfüllen und wird mit einer Platte während der ganzen Dauer des Brandes geschlossen erhalten.

Um die etwaige schädliche Einwirkung des Rauches zu vermeiden, sind mehrere kleine Feuerungen und das möglichst regelmäßige Nachlegen kleinerer Kohlenmengen zu empfehlen. Vielleicht würde ein drehbarer Rost, wie ich ihn im ersten Kapitel erwähnt, am entsprechendsten sein. Ebenso scheint das Fairbairn'sche Prinzip, zwei Feuerungen, die abwechselnd beschickt werden, in einen gemeinsamen Kanal münden zu lassen, einige Berücksichtigung zu verdienen.

Ein neu gebauter Ofen muß sehr langsam angewärmt werden. Man macht zu diesem Ende, nachdem er mehrere Wochen frei dem Luftzuge ausgesetzt gestanden, am Boden des Ofens ein kleines Feuer von Reißholz, Braunkohlen ꝛc. an, indem man den Luftzutritt durch Verschmieren der Feuerungen und der Einsatzthüren aufs äußerste mäßigt. Eine kleine mit Steinen versetzte Oeffnung in letzterer dient zum Nachfüllen und Aufstören des Brennmaterials. Allmälig verstärkt man das innere Feuer, giebt mehr Luft und brennt auch zur Nachtzeit, bis endlich der Ofen eine lebhafte Rothgluth im Innern angenommen hat, was nach 2—3 Tagen verstärkten Feuers stattzufinden pflegt. Man läßt ihn hierauf abkühlen und kann ihn dann mit Porzellan besetzen, falls man nicht vorziehen sollte, vorher noch 2—3 Ziegelbrände darin zu machen. Schließlich sind noch zwei Thüröffnungen D und E in beiden Etagen zu erwähnen, die zum Aus- und Einsetzen dienen und während des Brandes zugemauert werden.

Die Kapseln. Um die Reinheit des Porzellans vollständig zu erhalten, ist es selbst bei Holzfeuerung absolut nothwendig, dasselbe in Kapseln zu brennen, um es nach Möglichkeit den Einwirkungen des Rauches und der Flugasche zu entziehen. Dies erscheint, so nöthig es ist, als ein freilich unvermeidlicher Uebelstand, da fast jeder Gegenstand in eine besondere Kapsel eingesetzt werden muß, wodurch nicht allein eine sehr bedeutende Raum- und Brennmaterialverschwendung eintritt, sondern auch, da die Kapseln selten mehr als 2—3 Brände aushalten, neben der Porzellandreherei noch eine besondere Kapselfabrikation nothwendig wird. Nur dadurch, daß die Bruchstücke der Kapseln nach der gehörigen Zerkleinernug durch Stampfen als Chamottezusatz zu neuen Kapseln und zu feuerfesten Steinen Verwerthung finden, ist es möglich, dieses bedeutende Debetconto etwas zu vermindern. Die Kapseln werden übrigens sehr einfach aus einem Gemenge von frischem plastischen Thone und gestampften Kapselscherben durch

Drehen auf der Scheibe erhalten. Bei der Wahl der Thonsorten, bei der Zubereitung und Verarbeitung befolgt man ziemlich dieselben Grundsätze, die bei der Fabrikation feuerfester Steine überhaupt in Anwendung kommen und dort im Detail Erwähnung finden werden. Für den guten Schluß der Kapselsäulen ist es zweckmäßig, wenn auch sie in Gypsformen eingedreht werden, indem nur dadurch eine hinreichende Gleichförmigkeit, ein genügendes Ineinanderpassen erzielt werden kann. Zum Brennen der Kapseln dient der oberste Brennraum, wenn man nicht die frischen Kapseln mit den zu verglühenden Geschirren in die zweite Etage einsetzt.

Sehr wichtig ist die Form der Kapseln in Betreff der Raumersparniß im Ofen. Sie muß sich möglichst der Gestalt der einzusetzenden Waaren anschließen. Nehmen wir z. B. eine für Teller bestimmte Kapsel, so kann man dazu 3 Formen wählen, wie sie auch nacheinander Anwendung gefunden haben. Zuerst wandte man cylindrische Kapseln mit flachem Boden an (Fig. 90 a.), die noch etwas höher im Lichten sein mußten, als die anzufertigenden Teller. Ganz ähnliche Kapseln sind noch heute für Tassen, Becher, Vasen ꝛc. im Gebrauch. Später ging man zu der Form b. über, wo sich der Kapselboden ziemlich analog der Tellerform nach außen krümmt und unten eine Oeffnung läßt, die durch eine eingesetzte, abgeschliffene Platte D D von feinerer Masse, einen sogenannten Pumbs, verschlossen wird, auf welchem der Teller steht. Endlich wählte man die Form c, wo der Teller selbst auf einer ganz nach seiner Form gebogenen Kapsel e e von feinerer Masse steht, während die so gebildete Kapselform, der größeren Stabilität halber, wieder mit Ringen b von gröberer Masse umgeben ist. Man begreift,

Fig. 90 a.

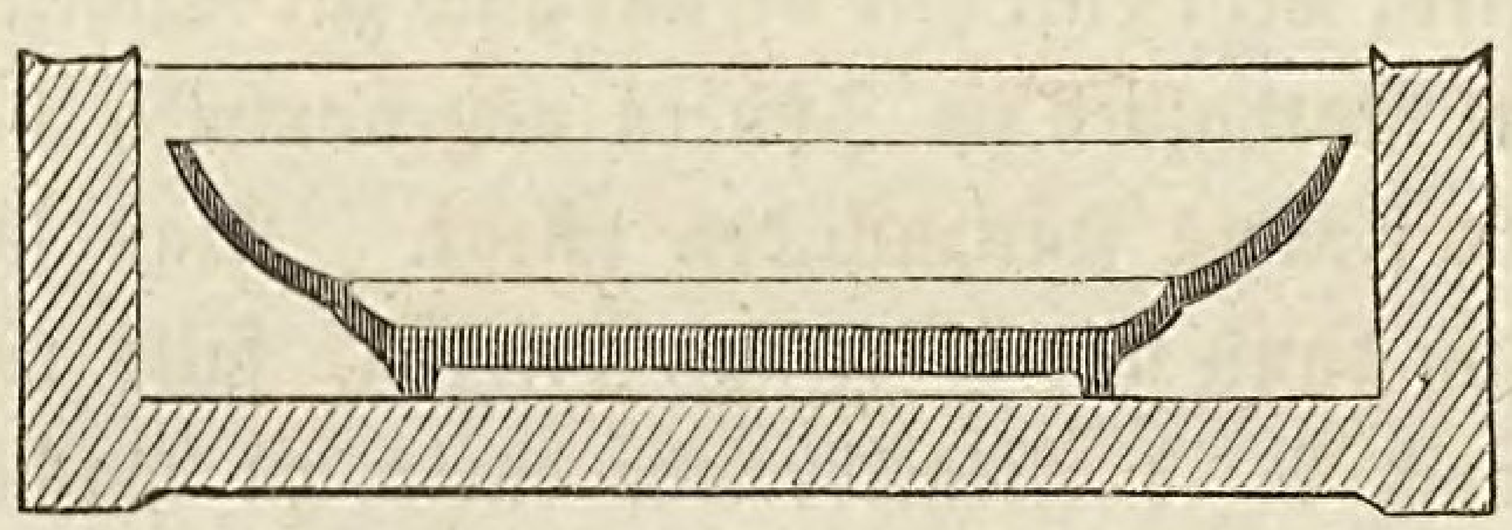


Fig. 90 b.

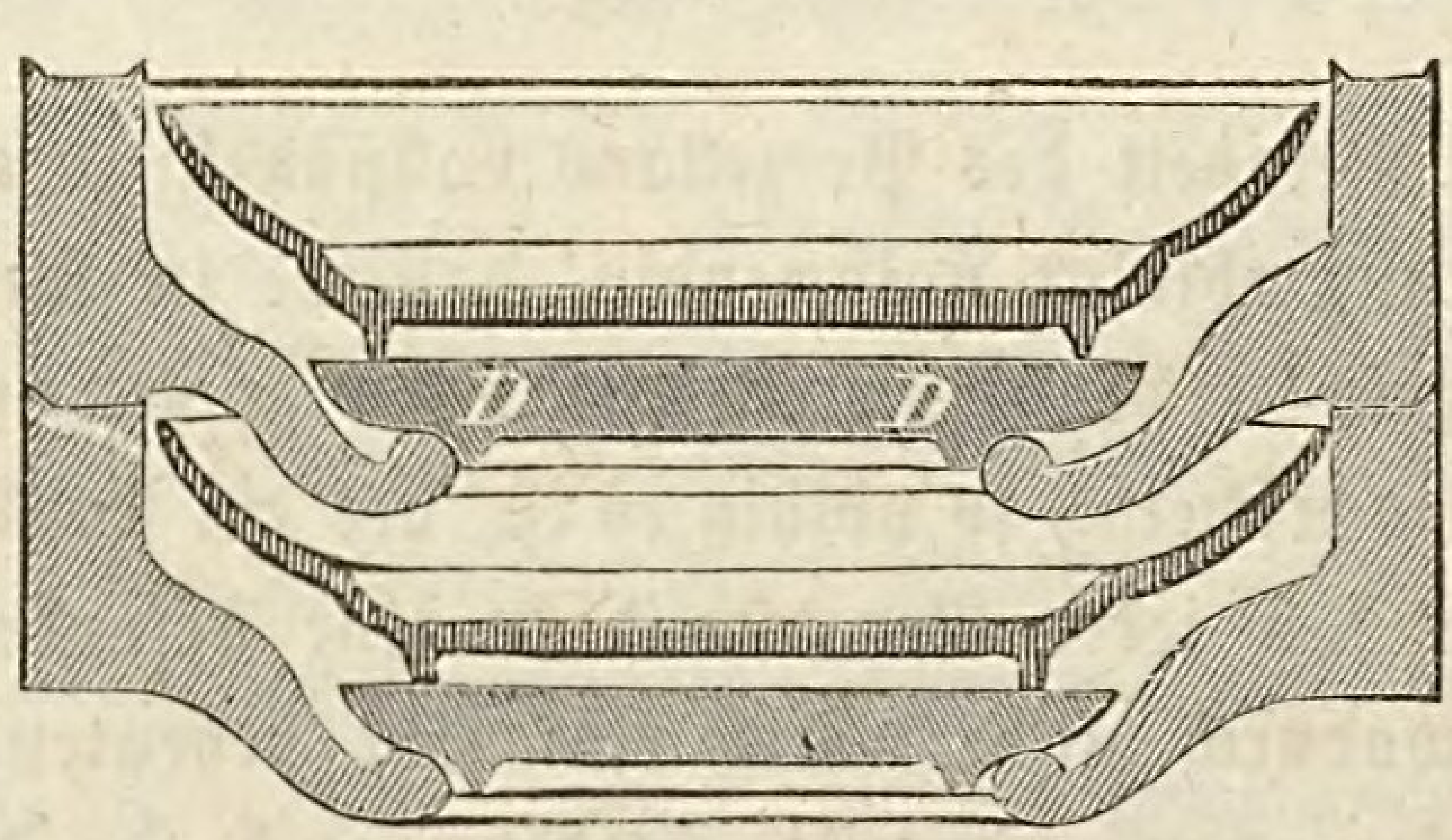
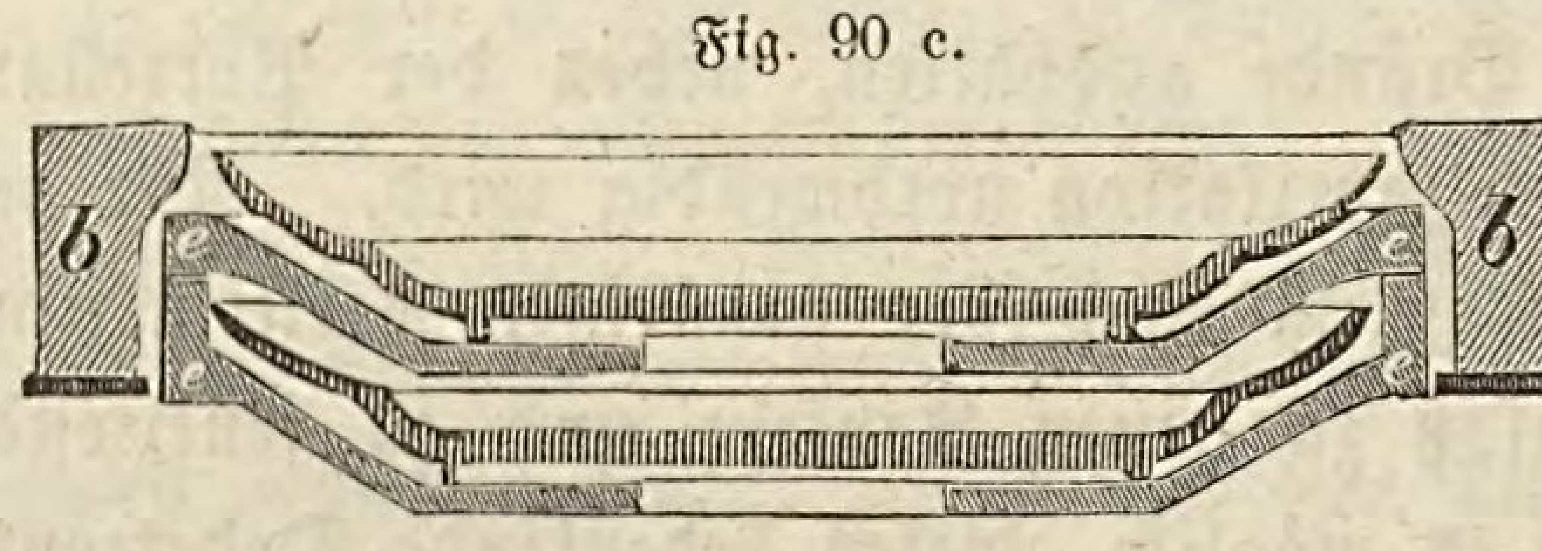


Fig. 90 c.



Verschiedene Arten, die Teller einzukapseln.

daß hierdurch der zur Einkapselung einer Anzahl Teller nöthige Raum auf ein Minimum reducirt wird. Gefäße, besonders von ovalem Querschnitt, wie Suppenterrinen, Schüsseln ꝛc. werden natürlich analog geformte Kapseln beanspruchen. Jedenfalls bleibt immer der Grundsatz aufrecht erhalten, daß sich die einzusetzenden Geschirre, sobald sie ins Scharffeuer kommen, wenigstens an den glasirten Stellen nicht berühren dürfen. Die Punkte, mit denen die Gegenstände aufstehen, müssen stets von der Glasur befreit werden. Der Boden der Kapseln wird mit feinkörnigem, möglichst reinem Sande bestreut, dessen Körner gewissermaßen als Reibungsrollen dienen, welche den Geschirren ein gleichmäßiges Zusammenziehen beim Schwinden sichern. Die oben erwähnten Pumbse werden, wenn sie von zu grober Masse sind, dick mit Kaolinschlempe bestrichen, die eine unschmelzbare, sehr glatte Schicht bildet. Gegenstände, die ein Verziehen befürchten lassen, werden so gestellt, daß ihre Wände im erweichten Zustande sich gegenseitig nach Möglichkeit stützen. Um ein Beispiel anzuführen, so werden sogenannte Mundtassen mit geraden Wänden stets mit dem aufsitzenden Deckel eingesetzt, der das Zusammenfallen der Wände nach innen verhindert. Beiläufig gesagt, wird hierdurch das Fehlen der Glasur an der Falzstelle erklärt, was im Publikum meist nur als Bedingung des festen Schlusses aufgefaßt wird. Pfeifenköpfe und andere kleine Gegenstände werden dicht nebeneinander in großen Kapseln angeordnet. Sehr groß sind die Schwierigkeiten des Brennens für große Stücke, wie die mehrere Fuß hohen Vasen, die auf den Industrieausstellungen als Schaustücke prangen. Alle diese Vorsichtsmaßregeln, mit Ausnahme des Schützens vor Flugasche und Rauch, fallen natürlich bei dem Verglühbrande weg.

Das Besetzen des Ofens mit den gefüllten Kapseln muß sehr sorgfältig geleitet werden. Man muß vor allen Dingen die aus den gefüllten Kapseln zusammengesetzten Säulen so anordnen, daß möglichst wenig leere Räume entstehen, weil dadurch einmal der Raum im Ofen unnöthig verschwendet, andererseits das Feuer gerade dahin geleitet werden würde, wo es ungenutzt entweichen könnte. Den möglichst besten Zug, die größte Festigkeit der Kapselsäulen erreicht man durch die bei einem runden Ofen sich von selbst ergebende Anordnung in 3—4 concentrischen Kreisen. Wenn trotzdem die Höhe der Temperatur an den verschiedenen Stellen des Scharffeuerraumes bedeutend variirt, so erklärt sich dies aus folgender Betrachtung. Die in den Ofen einströmende Flamme zeigt zuerst das Bestreben in horizontaler Richtung nach dem Centrum zu dringen. Allmälig durch die entgegenstehenden Kapseln gebrochen, ändert sich die Richtung in eine ver-

ticale um, noch ehe der Mittelpunkt selbst erreicht ist. Denkt man sich vom Mittelpunkt des Gewölbes nach den Schürlöchern gerade Linien gezogen, so sind die davon durchschnittenen Punkte die Stellen der größten Hitze. Obwohl sich beim längeren Schüren diese Verschiedenheit natürlich ziemlich ausgleicht, so bemerkt man doch, daß die Geschirre in den Ecken des Gewölbes und die nahe dem Mittelpunkt stehenden, am spätesten gaar werden, und daher entweder mit einer etwas leichtflüssigeren Glasur versehen, oder wenigstens nur von kleinen Dimensionen sein dürfen.

Vor die Schüren kommen vier kleine Kapselsäulen zu stehen, die früher nur mit Bruch gefüllt waren, jetzt aber mit werthloseren Gegenständen besetzt und gegen die allzuheftige Einwirkung des Feuers durch halbrunde Vorsetzer von Chamottemasse geschützt werden. Zwischen den Feuerungen vollenden Kapselstöße von großem Durchmesser den Kreis. Im Centrum werden die Kapseln von ovalem Querschnitt angebracht, wobei man die größten Stücke nach oben hin zu legen sucht. Solche große Gegenstände werden erst, nachdem die Kapsel im Ofen festgestellt worden ist, in dieselbe eingesetzt, damit sie sich nicht mehr verschieben können. Die übrigen Kapseln werden außerhalb des Ofens gefüllt, und in Stößen, wie sie ein Mann bequem zwischen den Händen trägt, in den Ofen getragen, wo sie ein Kapselsetzer zu regelmäßigen Säulen, am besten mit dem Loth aufbaut. Sind zerbrochene Kapseln darunter, die man noch zu benutzen gedenkt, so stellt er sie natürlich mehr nach oben hin und erst, nachdem sie zwischen die andern Kapseln eingespannt sind, entfernt er den Strick, der sie bis dahin zusammengehalten hat. Wenn die Kapseln genau denselben Schwindungsgrad haben, so passen sie oft ganz dicht ohne Bindemittel aufeinander. Ist dies nicht der Fall, weil z. B. blos verglühte und schon gebrauchte Kapseln vereinigt werden sollen, so müssen die Fugen mit Wülsten von feuerfester Thonmasse verstrichen werden, wodurch beim nachherigen Brennen das Gaaren etwas verzögert wird. Die einzelnen Stöße werden mit Kapselbruchstücken auseinander gespreizt, so daß sie sich gegenseitig Halt gewähren. Auf ganz ähnliche Weise wird der Verglühraum besetzt, nur daß dabei ein ganz gleichmäßiges Abnehmen der Wärme von unten nach oben vorausgesetzt wird, und die oben erwähnten Vorsichtsmaßregeln gegen das Zerdrücken und Umfallen der Kapselsäulen unnöthig erscheinen. Hierauf werden die Thüren vermauert, und das Feuern begonnen. Man wählt dazu besonders im Sommer die Abendzeit, weil die Temperatur der äußeren Luft in der Nacht eine niedrigere, und der Zug im Ofen daher besser ist. Während der ersten Periode des Brennens, dem sogenannten Vor- oder Flattirfeuer muß die

Hitze sehr langsam gesteigert werden. Bei Holzfeuer wendet man dicke, ganze Scheite an und giebt den Zug von vorne und unten, indem man die obere Oeffnung sorgfältig verschließt. Diese Periode dauert 8—10 Stunden; allmälig vermindert sich der schwere wasserhaltige Rauch, die Temperatur steigt zur Rothgluth und der Ofen tritt in die Periode des Scharffeuers. Die vorderen und unteren Oeffnungen des Feuerkastens werden verschlossen, die oberen dagegen alle geöffnet, worauf sich der Zug augenblicklich umkehrt und nun das Schüren mit kleingespaltenem trockenen Holze seinen Anfang nimmt. Das Holz, welches quer über den Feuerkasten regelmäßig aufgelegt wird, rückt in dem Maße, als es unten abbrennt, nach, gelangt schon vollständig ausgetrocknet und vorgewärmt an den Ort der Verbrennung und giebt so eine reine und äußerst heiße Flamme.

Bei Steinkohlen muß nur der Wechsel des Brennstoffs Vor- und Scharffeuer unterscheiden. Während der ersten Periode kann man mit kleinen Kohlen oder Würfeln auskommen, während für das Scharffeuer die besten ausgesuchten Stückkohlen aufgespart werden. Der Steigerung der Temperatur correspondirt auch eine Steigerung des Zuges, die wieder auf eine lebhaftere Verbrennung hinwirkt, und durch diesen Umstand begünstigt, steigt die Temperatur im Ofen rasch bis zur Weißgluth, indem nur während des Schmelzens der Glasur, vielleicht durch Latentwerden an Wärme, ein Stillstand statt zu finden scheint. Ist einmal dieser Punkt erreicht, so muß man die Temperatur sorgfältig controlliren, damit nicht etwa durch Uebertreiben derselben ein allzustarkes Erweichen, ein Zusammenfallen der Geschirre stattfinde, außerdem aber unnützer Weise Brennmaterial verschwendet werde. Zu diesem Ende hat man im Ofen einige Oeffnungen gelassen, die für gewöhnlich mit einem Thonstopfen verschlossen sind und denen gegenüber eine mit einem Ausschnitt versehene Kapsel steht. Durch eine dieser Oeffnungen langt man mit einem hackenförmig gekrümmten Eisen in den Ofen hinein, holt die eingesetzten glasirten Probescherben heraus, und beurtheilt die Glasur nach dem Erkalten. So lange dieselbe noch nicht geschmolzen ist, wird überhaupt keine Probe gezogen. In dem Aussehen der geschmolzenen Glasur selber aber existiren feine Nüancen, die einem geübten Brenner als sicherste Anhaltspunkte dienen. So lange dieselbe noch einen gewissen blaugrauen Stich besitzt, muß noch fortgefeuert werden; erst wenn sie mit reiner milchweißer Farbe erscheint, ist es Zeit, das Feuer ausgehen zu lassen. Sollte dieser Punkt schon überschritten sein, so wird man sich manchmal sogar veranlaßt sehen, das Feuer aus dem Feuerkasten herauszureißen und die Luft direct in den Ofen strömen zu lassen, um nur die

Temperatur rasch genug zu mäßigen. Dies ist indessen ein gefährliches Experiment, das das Springen einer großen Anzahl Geschirre zur Folge haben kann. Die Methode, mit Eisenoxyd gefüllte Thonkugeln in die Kapseln zu legen und aus der erlangten, violetten Nüance den Temperaturgrad abzuschätzen, ist nicht so direct und sicher, wie die Glasurprobe. Andere Pyrometer sind practisch nicht anwendbar. Die Probekapseln werden am besten immer zwischen je zwei Feuerungen angebracht, und eine Vergleichung der ringsherum gezogenen Proben wird am besten die Verschiedenheiten kennen lehren, die durch den ungleich guten Zug in den Feuerungen hervorgebracht werden. Einer zurückgebliebenen Feuerung kann durch Anwendung feiner zertheilten und schärfer getrockneten Holzes nachgeholfen werden; bei Steinkohlen wird ein sorgfältiges Schüren, ein genaues Reinigen des Rostes zur Anwendung kommen müssen. Der ganze Brand nimmt etwa 18—20 Stunden in Anspruch.

Da das Porzellan gegen den Wechsel der Temperatur weniger empfindlich ist, als die meisten anderen Thonwaaren, so kann man die Feuerkasten offen lassen, wodurch es möglich wird, schon am andern Tage zum Ausnehmen zu schreiten. Die Einsatzthüren werden aufgebrochen, die Kapselstöße auseinander genommen und aus dem Ofen getragen. Hier stehen Arbeiter bereit, die das Porzellan ausnehmen und nach seiner Güte sortiren, während andere die gut gebliebenen Kapseln bei Seite stellen und den Bruch beseitigen. Die Sortirung scheidet das Porzellan in folgende Gruppen: was sich absolut fehlerfrei, mit milchweißer und fleckenloser Glasur zeigt, gehört zur ersten Klasse, „dem Feingut" oder „ersten Wahl". Kleine Körner, Stäubchen von Eisenoxyd, die durch Uebermalen oder Abschleifen entfernt werden können, rangiren das betreffende Geschirr zum Mittelgut. Eine durchweg gelbliche Farbe, größere Blasen, Verziehungen und Verbiegungen, endlich stellenweises Fehlen der Glasur, verweisen die damit behaftenden Stücke in den Ausschuß; was dann noch übrig bleibt, mit Rissen und großen Verbiegungen behaftet ist, wird zerschlagen und zum Bruch geworfen. Die Ursachen zu dergleichen Makeln sind so mannigfaltig, daß absolut fehlerfreie Brände zu den seltensten Vorkommnissen zu rechnen sind. Wenn ein Brand etwa 30 % Feingut, 40—50 % Mittelgut, 20 % Ausschuß und 10 % Bruch liefert, kann der Fabrikant ziemlich zufrieden sein. Feingut wird etwa 30 % höher bezahlt als Mittelgut, während der Ausschuß oft zu unendlich billigen Preisen zu haben ist. Die anhaftenden Körner werden mittelst einer rasch rotirenden Scheibe von unglasirtem Porzellan weggeschliffen und diese Stellen dann mit einer ähnlichen Scheibe von weichem Holze nachpolirt.

Die am Fuße der Geschirre anhaftenden Körner werden mittelst einer mit feinem Sande bestreuten Eisenscheibe entfernt, wobei das Nachpoliren indessen meistens wegfällt. Durch Veränderung der Zusammensetzung kann man dem Verziehen und Reißen begegnen, durch eine andere Mischung der Glasur das Abschilfern derselben und das sogenannte eierschaalige Aussehen vermeiden. Durch stärkere Steigerung der Temperatur hilft man ab, wenn die Glasur nicht hinreichend geflossen sein sollte; man muß die Hitze mäßigen, wenn sie partiell durch zu große Leichtflüssigkeit in die Porzellanmasse eingedrungen wäre, wodurch matte Stellen entstehen. Werden diese Modificationen mit Umsicht vorgenommen, wird außerdem bei der Zubereitung, der Formung und dem Glasiren die äußerste Sorgfalt und Reinlichkeit beobachtet, so gelingt es einem intelligenten Fabrikanten leicht, den obigen Satz der Sortirung zu erreichen.

Das weiße Porzellan ist schon an und für sich verkäufliche Handelswaare. Es wird außerdem mannichfaltig durch Farben und metallische Ueberzüge verziert. Eine Färbung des Porzellans in der Masse ist zwar durch Zumischung von färbenden Metalloxyden zu erreichen, indessen selten üblich, indem dadurch ja gerade die charakteristische Schönheit des Porzellans, die reine milchweiße Farbe, verloren geht. Es wäre dies eine Usurpation des Platzes, den das feine gefärbte Steinzeug in der Reihe der Thonwaaren mit viel größerem Rechte einnimmt. Sollte doch in der Masse gefärbtes Porzellan dargestellt werden, so müßte man sich auf das Chromoxyd, Eisenoxyd und etwa das Iridiumoxyd, also grünes, röthliches und schwarzes Porzellan beschränken, da dies die einzigen Oxyde sind, die eine hinreichende Feuerbeständigkeit haben, um dem Scharffeuer zu widerstehen. Man wird sehr wohl thun, zu berücksichtigen, daß diese Oxyde die Masse bedeutend leichtflüssiger machen und in dem Maaße von dem Feldspath abbrechen.

In überwiegend großem Maaße wird dagegen die Verzierung des Porzellans durch Malerei erzielt. Hierbei unterscheidet man Scharffeuer- und Muffelfarben. Die ersteren sind reine Oxyde, die auf das verglühte Porzellan aufgetragen werden, worauf man es mit der Glasur überzieht und dem Scharffeuer aussetzt. Diese Farben sind natürlich, da sie durch das harte Thonerdeglas geschützt werden, viel dauerhafter als die Muffelfarben, die erst auf das fertige Porzellan aufgetragen werden. Das Bindemittel ist alsdann ein weiches, sehr bleireiches Glas, und da sie außerdem über die Fläche etwas hervorstehen, so nützen sie sich beim täglichen Gebrauch sehr rasch ab. Leider sind nur wenige Oxyde geeignet als Scharffeuerfarben zu dienen. Eine der besten derselben ist das Chromoxyd, das selbst bei der

höchsten Temperaturen des Porzellanofens nicht flüchtig ist und Grün in verschiedenen Nüancen liefert. Es wird aus saurem chromsaurem Kali durch Erhitzen desselben mit Schwefel, Salmiak, Stärkemehl ꝛc. und nachfolgendes Auswaschen erhalten. Wenn man eine Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxydul mit saurem chromsaurem Kali versetzt, so fällt chromsaures Quecksilberoxydul als gelbrothes Pulver nieder, das beim Erhitzen gerade auf in Quecksilber, Sauerstoff und sehr schön grünes Chromoxyd zerfällt. Auch saures chromsaures Ammoniak liefert beim Erhitzen für sich ein sehr reines Chromoxyd, welches dem gewöhnlichen grünen Thee zum Verwechseln ähnlich sieht. Soll das Grün besonders unter der Glasur sehr schön ausfallen, so muß die Gegenwart von Eisenoxyd auf das ängstlichste vermieden werden, indem dieses in irgendwie größerer Quantität zugesetzt, braune und endlich schwarze Farben liefert. Eine Mischung beider Oxyde zu gleichen Aequivalenten soll nach Gentele ein ausgezeichnet schönes, feuerbeständiges Schwarz ergeben, das ebenfalls als Scharffeuerfarbe zu verwenden ist. Eisenoxyd für sich allein angewendet giebt eine zu unschöne Farbe, als daß sie vielfache Anwendung finden sollte. Ein schönes, aber theueres Schwarz liefert das Iridiumsesquioxyd. Auch Kobaltoxyd läßt sich als Scharffeuerfarbe benutzen. Da es indessen bei dieser hohen Temperatur schon ziemlich flüchtig ist, so verschwimmen die Contouren, und die daneben stehende weiße Waare erhält leicht einen bläulichen Schein. Die Scharffeuerfarben werden als reine Oxyde, natürlich in feinster Vertheilung und mit Gummiwasser oder besser Terpentinöl angerieben, auf das verglühte Porzellan aufgetragen. Durch Schablonen werden die einfachen Zeichnungen für den massenhaften Bedarf ausgeführt. Ränder werden auf der Drehscheibe angebracht, indem man das Gefäß darauf richtig centrirt und nun während des Umlaufens den mit Farbe gefüllten Pinsel anhält. Man brennt dann das Bindemittel durch nochmaliges schwaches Verglühen weg und glasirt alsdann wie gewöhnlich.

Die geringe Zahl der zu Gebote stehenden Scharffeuerfarben beschränkt ihre Anwendung auf meist sehr einfache Muster. Dagegen ist es durch die andauernden Bemühungen ausgezeichneter Chemiker und durch eine Unzahl praktischer Versuche gelungen, für die Muffelfarben eine bis auf wenige Nüancen vollständige Farbenscala zu ermitteln, die an Reichthum und Reinheit der Farben der Palette des Oelmalers keineswegs nachsteht, dieselbe aber im Betreff der Haltbarkeit und Unveränderlichkeit weit übertrifft und nur in der Schwierigkeit der Behandlung, der Unmöglichkeit größere Dimensionen zu wählen, nachsteht.

Die Muffelfarben sind im Wesentlichen leicht schmelzbare Bleigläser, die durch Einmengung von verschiedenen Metalloxyden gefärbt erscheinen. Wie man unter dem Mikroscop erkennt, sind diese Oxyde in dem farblosen Bleiglase nur suspendirt und nicht etwa vollständig aufgelöst, wie bei der Glasmalerei. Während die Producte der letzteren nur im durchfallenden Lichte ihre ganze Schönheit entwickeln, muß die Porzellanmalerei im auffallenden Lichte betrachtet werden, und die Farben sollen daher, um kräftig und intensiv gefärbt zu erscheinen, das Weiß des unterliegenden Porzellans möglichst vollkommen decken. Die Recepte zu den verschiedenen Porzellanfarben wurden in früherer Zeit sehr geheim gehalten und waren, da sie aus der krassesten Empirie hervorgegangen, meist sehr complicirt. Um nur ein Beispiel hiervon anzuführen, wurden oft 3 — 4 sogenannte Flüsse bei einer einzigen Farbe zusammengemischt, die alle aus Mennige, Sand Borax oder Salpeter in schwankenden Verhältnissen bereitet wurden. Außerdem wurden von den einzelnen eben erwähnten Bestandtheilen selbst wechselnde Mengen zugemischt. Sobald indessen durch die Ausbildung der quantitativen Analyse Gelegenheit gegeben war, jeden Augenblick diese Geheimnisse zu enthüllen, wurde auch dieses Feld der Technik für die Wissenschaft gewonnen, die es besonders in der neuern Zeit mit Glück ausgebeutet hat. Die vollständigste Auskunft in dieser Beziehung verdanken wir dem sehr tüchtigen Chemiker Dr. A. Wächter in Dessau, dessen Angaben ich an dieser Stelle um so mehr folgen kann, als die danach bereiteten Farben an Schönheit und Reinheit alles irgend Erforderliche leisten. Der Raum und Zweck dieses Werkes erlauben nicht mehr, als die allgemeinsten Grundsätze der Porzellanmalerei aufzustellen, und der Verfasser muß daher in Beziehung auf die Details auf Wächter's Aufsatz in den Annalen von Liebig und Wöhler, Band 68, Seite 115 verweisen.

Was zuerst die angewendeten Flüsse anbelangt, so werden sie fast ausschließlich durch Zusammenschmelzen von Mennige, Quarzsand und Borax erhalten, welcher letztere Zusatz nur dann wegfällt, wenn die Verhältnisse des Farbekörpers einen besonders basischen Fluß erfordern. Dasselbe erreicht man durch Steigerung des Mennigezusatzes. So erhält man dann die Verhältnisse zwischen Mennige, Kieselsäure und Borax von: 2 : 1 : 1., 4 : 2 : 1., 5 : 2 : 1., 6 : 2 : 1., 12 : 3 : 1., ja es kommen auch Flüsse vor, in die nur Mennige und Quarzsand in dem Verhältnisse von 2 : 1, 4 : 1, und 8 : 1., eingehen.

Was die einzelnen Farben anbelangt, so werden die dazu angewende-

ten Oxyde meistens nur mit den Flüssen zusammengerieben und nur selten mit ihnen zusammengeschmolzen.

1) Blau erzielt man ausschließlich mittelst Kobaltoxydes, das in wechselnden Mengen zugesetzt, die verschiedenen Nüancen ergiebt. Ein sehr schönes helles Himmelblau erhält man, indem man eine Kobaltsolution mit Alaunlösung mischt, dann durch ein Alkali fällt und den erhaltenen Niederschlag längere Zeit dem Scharffeuer aussetzt. Es ist dies das sogenannte Thenard'sche Blau, das in seiner Schönheit dem besten Ultramarin wenig nachsteht. Durch Zusatz von Chromoxyd erhält das Blau einen oft sehr angenehmen grünlichen Stich.

2) Grün wird ausschließlich mittelst Chromoxydes erzielt, dessen Bereitung ich schon oben bei den Scharffeuerfarben berührt habe. Sicherem Vernehmen nach soll jetzt in den meisten Porzellanfabriken die Darstellung aus dem Quecksilbersalze vorgezogen werden.

Dunklere Schattirungen erreicht man durch längeres und heftigeres Glühen.

Durch eine geringe Beimengung von Kobaltoxyd vor dem Glühen, erhält man eine Masse von der Farbe des Grünspans, die mit einem hellen Gelb gemischt, alle Nüancen vom hellsten Grasgrün an liefert.

Das Chromgrün fällt nur schön aus, wenn alle fremden Oxyde, wie Eisen-, Kupfer-, Zinkoxyd ꝛc. fern gehalten werden, und man thut daher wohl einen strengflüssigen Fluß zu wählen, welcher die unterliegende spurweise eisenhaltige Glasur nicht angreift.

3) Gelb wird ausschließlich mittelst Uranoxyd und antimonsaurem Kali erhalten. Das erstere, welches eine ins Orange ziehende Farbe liefert, stellt man dar durch längeres Glühen des krystallisirten salpetersauren Uranoxydes. Die Antimonsäure oder das antimonsaure Kali färben nur insofern gelb, als sie mit dem Bleioxyde des beigemengten Flusses Neapelgelb (antimonsaures Bleioxyd) bilden, das man auch ohne Bedenken direct zusetzen kann. Das antimonsaure Kali wird leicht erhalten, indem man metallisches Antimon mit Salpeter verpufft und die erhaltene Salzmasse mit Wasser auswäscht. Man mengt den getrockneten Rückstand mit einem bleireichen Flusse und erhitzt so lange, bis eine herausgenommene Probe der breiigen Masse eine schön gelbe Farbe zeigt. Bei längerem Schmelzen würde die Kieselsäure sich wieder des an die Antimonsäure gebundenen Bleioxydes bemächtigen, und nur eine graue unscheinbare Masse zurückbleiben.

4) Roth. a. Eisenfarben. Die reiche, vielfältig angewendete Farbenscala von Gelbbraun und Chamois durch Braunroth und Rothbraun

ins Violette und Eisenschwarze wird ausschließlich aus Eisenoxyd, das mehr oder weniger geglüht, mehr oder weniger mit Zinkoxyd, Manganoxyd, endlich mit dem erwähnten Antimongelb gemischt wird, dargestellt.

Die Grundlage aller dieser Farben ist Eisenvitriol, der in einer Muffel oder einem Porzellantiegel erhitzt wird und dabei zuerst sein Wasser, endlich seine Schwefelsäure, theilweise oder ganz verliert, um bei noch stärkerem Erhitzen endlich ein immer dunkler und dichter werdendes Eisenoxyd zurückzulassen.

So liefert er nacheinander Gelbroth, Braunroth, Pompadourroth und Kastanienbraun. Durch Zinkoxydzusatz werden die helleren Nüancen, durch Manganzusatz die mehr ins Violette ziehenden Farbentöne des Brauns erzielt. Man mischt diese Oxyde gewöhnlich in Form von schwefelsauren Salzen mit dem Eisenvitriol und fügt dann Salpeter in beträchtlicher Menge zu, der nun beim Schmelzen einerseits die gleichmäßige Oxydation, andrerseits die feinere Vertheilung der Oxyde bewirkt und nachträglich sich leicht durch Auswaschen beseitigen läßt.*)

b. Goldfarben. Eine ganz analoge Reihe von rothen Farben, vom hellsten Rosa bis zum dunkelsten Purpurviolett erzielt man mit dem schon bei den Rubingläsern ausführlicher erwähnten Goldpurpur. Durch Zumengung von kohlensaurem Silberoxyd ziehen die erhaltenen Nüancen mehr ins Scharlachrothe.

c) Ein reines Scharlachroth gehört schon lange zu den frommen Wünschen der Porzellanmaler, die es bis jetzt nur mit sehr sorgfältig bearbeitetem Eisenoxyd unvollkommen nachahmen können. Der Chromzinnober oder das basisch chromsaure Bleioxyd liefert, wenn er mit einem sehr bleioxydreichen Flusse gemengt und bei einer sehr niedrigen Temperatur aufgeschmolzen wird, ein Roth, das wenig zu wünschen übrig läßt. Leider aber liegen die Temperaturgrenzen, bei denen er fixirt und bei denen er zersetzt wird, so nahe an einander, daß er sich in der Praxis der Porzellanmaler keine Aufnahme hat verschaffen können.

5) Schwarz. Das schönste freilich, aber auch das theuerste Schwarz, das sich indessen zum Schattiren von anderen Farben allein anwenden läßt,

*) Andere braune Nüancen erzielt man aus Gemengen von Chromoxyd und Eisenoxyd, ferner von chromsaurem Blei mit Kobaltoxyd. Gleiche Theile beider liefern ein sehr schönes Olivenbraun, wie es besonders zu manchen Schattenpartien sehr effectvoll verwendet werden kann. Chamois und Fleischfarbe wird aus Eisenoxydhydrat unter Zusatz von etwas Gelb erhalten.

ist das Iridiumschwarz, welches durch Zusammenschmelzen von Iridiumsesquioxyd mit der doppelten Menge eines sehr bleireichen Flusses erhalten wird. Man bereitet das Iridiumsesquioxyd, indem man das aus Rußland als feines Pulver kommende Iridiummetall, mit Chlornatrium gemischt bei schwacher Rothglühhitze mit Chlorgas behandelt. Beim Aufweichen der rückständigen Masse mit Wasser wird eine Verbindung von Chloriridium mit Kochsalz ausgezogen, die nach dem Abdampfen mit kohlensaurem Natron die gewünschte schwarze Verbindung, Ir^2O^3, zurückläßt. Durch Zusatz von Zinkoxyd und viel Fluß erhält man das Iridiumgrau. Auch durch Mengen von Kobalt-, Mangan- und Eisenoxyd kann man eine schwarze Farbe erzielen, die indessen leicht die danebenliegenden Farben verunreinigt, und daher durchaus nicht zum Schattiren taugt, wozu sich das Iridiumschwarz gerade so vortrefflich eignet. In dieser Beziehung soll übrigens das Chromschwarz von Gentele damit wetteifern können, das er durch Mengen von 4 Th. Eisenoxyd, $1\frac{1}{2}$ Th. chromsaurem Kali und 2 Th. Kochsalz erhält, indem er dieses Gemisch einen Brand im Scharffeuer durchmachen läßt. Er erhält deutliche schwarze Octaeder, die die Zusammensetzungen des Chromeisensteins haben und so schwierig wie dieser von chemischen Agentien angegriffen werden. Eine ganz analoge Verbindung erhält er auch mit Zinkoxyd und Chromoxyd ꝛc.

Diese Farben, so verschieden ihre Zusammensetzung auch ist, werden nunmehr vom Porzellanmaler ziemlich in derselben Art behandelt und aufgetragen. Er stößt sie gröblich in einem Mörser von unglasirten Porzellan und reibt sie am besten auf einer Achat- oder einer harten Glasplatte mit einem ebenen Läufer unter Wasserzusatz fein. Es ist dies eine mühsame und zeitraubende Operation, die in großen Anstalten daher häufig mit einer Maschine verrichtet wird. Man muß von Zeit zu Zeit die aus der Bahn des Läufers nach dem Rande gedrängten Theilchen mit einem Spatel von polirtem und gehärtetem Stahle wieder unter denselben zurückbringen. Einen Hornspatel anzuwenden, ist nicht rathsam, indem sich leicht Theilchen desselben ablösen und, der Farbe beigemengt, als organische Substanzen reducirend auf dieselbe wirken. Ist die Masse mit Wasser hinreichend fein gerieben, so läßt man sie an einem staubfreien Orte vollständig austrocknen und reibt sie nunmehr zum Malen mit Terpentinöl an, dem man etwas sogenanntes Dicköl, d. h. durch Stehen an der Luft partiell verharztes Terpentinöl, zusetzt, wodurch das Haften der Farbe an dem glatten Porzellan bewirkt wird.

Der Porzellanmaler bedient sich bei seiner Arbeit der gewöhnlichen fein zugespitzten Malerpinsel, indem er höchstens zur Anlage der Hinter-

gründe, des Himmels 2c. sich dicker und breiter Pinsel bedient und die so in breiten Massen aufgetragene Farbe durch Tupfen mit dem Finger oder mittelst kleiner Baumwollenbäuschchen vertheilt. Im Wesentlichen ist die ganze Porzellanmalerei auf die Miniaturmanier angewiesen. Eine besondere Schwierigkeit liegt darin, daß viele Farben in frisch aufgetragenem Zustande eine ganz andere Nüance zeigen, als nach dem Einbrennen. Um diesem Uebelstande einigermaßen abzuhelfen, bedient man sich der sogenannten Blendfarben, d. h. man mischt den Emailfarben eine organische Farbe hinzu, die nahezu dieselbe Färbung besitzt, wie die, welche das Email nach dem Einbrennen zeigt, und bei dieser Operation selbst ohne weiteren Rückstand zerstört wird. Bei Goldpurpurfarben benutzt man hierzu mit Vortheil das Saflorroth. Eine zweite Schwierigkeit liegt darin, daß nur wenige Porzellanfarben das Uebereinandersetzen vertragen können, indem sie in diesem Falle wegen ihrer Halbdurchsichtigkeit und wegen der chemischen Reaction der Farbekörper aufeinander meist unklare und unschöne Farbencombinationen liefern. Es ist also die Methode des Unter- und Uebermalens, deren sich die Oelmalerei mit so viel Erfolg bedient, durchaus unzulässig. Endlich tritt der Uebelstand ein, daß manche Farben erst dann schmelzen und Glanz bekommen, wenn die Temperatur schon so hoch gestiegen ist, um andere Farben zu zerstören. Man muß alsdann das Gemälde in zwei oder drei Operationen fertig machen, indem man zuerst die schwer schmelzbarsten Farben aufmalt und aufbrennt und dann erst die leichter schmelzbaren aufsetzt und bei gelinder Hitze fixirt. Zu dieser Gruppe gehört besonders der Goldpurpur und das Gelb. Zu allerletzt wird gewöhnlich das Gold aufgesetzt. Sollten nach dem ersten Einbrennen sich Fehler in den Farben oder in der Zeichnung zeigen, so kann man diese durch behutsames Aetzen mit Flußsäure oder durch Wegschleifen beseitigen und die betreffende Stelle dann von Neuem bemalen. Man hüte sich die Farbe zu dick aufzutragen, damit sie sich nicht von der Glasur abschilfert. Die höchsten Lichter müssen durch das ausgesparte weiße Porzellan hervorgebracht werden. Wächter hat ein Deckweiß angegeben, welches aus einem Theile Mennige, einem Theil Quarz und einem Theil Borsäure zusammengeschmolzen wird und beim raschen Abkühlen ein vollständig durchsichtiges Glas liefert. Erkaltet dasselbe dagegen nach dem Aufschmelzen möglichst langsam, so wird es undurchsichtig und reinweiß, vielleicht weil sich kieselsaures und borsaures Bleioxyd in sehr feiner Vertheilung ausscheiden. Zinnoxydemail ist nicht anwendbar, weil es zu schwer fließt und zu leicht abspringt. Die Vorrichtung zum Einbrennen der Farben muß erlauben, die Waaren isolirt von einander

aufzustellen und geschützt vor Flugasche, Rauch &c. zur Rothgluth zu erhitzen; sie muß ferner eine genaue Beobachtung der eingestellten Waaren und ein rasches Ermäßigen der Temperatur gestatten. Alles dieses erreicht man am besten in den sogenannten Muffeln. Dieselben wurden früher meist von Gußeisen oder Eisenblech, in neuerer Zeit fast ausschließlich aus feuerfestem Thon angefertigt. Sie haben einen ⌂ förmigen Querschnitt, sind etwa 2 — $2\frac{1}{2}$ Fuß lang, $1\frac{1}{2}$ — 2 Fuß breit und $1\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{4}$ Fuß hoch und werden auf Eisenstangen oder auf kleine gemauerte Bogen aufgesetzt. Die Flamme der Feuerung umspielt sie von allen Seiten und entweicht oben nach dem Schornsteine. Früher feuerte man ausschließlich mit Holzkohlen, mit denen man die Muffeln an allen Seiten umschüttete, jetzt hat man auch gelernt mit Holz oder Steinkohlen die nöthige Temperatur zu erreichen.

Nach dem Einsetzen der Waare wird die Muffel durch eine passende Thonthüre verschlossen, die eine kleine Oeffnung zum Hineinsehen hat. In der Mitte der Wölbung befindet sich ein Rohr, das die Terpentinöldämpfe, welche sich anfangs entwickeln, abführt. Beide Oeffnungen können durch Thonballen verschlossen werden. Man besetzt die Muffel mit bemalten Geschirren so dicht, als die nothwendige Isolirung der bemalten Stellen gestattet und fängt langsam an zu feuern. Ist der Terpentinöldampf verschwunden, so verschließt man die obere Abzugsöffnung und steigert nun die Hitze so lange, bis die Farben den gehörigen Grad von Glanz und Intensität erlangt haben. Als sicherste Indicatoren dienen Scherben von Porzellan, welche mit Streifen von Goldpurpur und Vergoldung versehen und in die Muffel mit eingelegt werden. Durch einen eingehängten Draht werden einzelne derselben von Zeit zu Zeit herausgezogen, und es muß dann der Goldpurpur seine ganze Schönheit entwickelt und das Gold mit hellgelber Farbe fixirt sein, bevor man auf Vollendung des Brandes rechnen kann. Fängt der Goldpurpur an sich zu entfärben, so ist die Temperatur für die leichtflüssigen Farben wenigstens schon überschritten worden, und man muß dann das Feuer eiligst entfernen, damit der Brand nicht gänzlich mißräth.

Außer dieser Verzierung mit Farben ist noch das Anbringen von Gold, Platin und Silber üblich. Man könnte diese Metalle in dünnen Plättchen auf mechanischem Wege z. B. mittelst Copalfirniß befestigen, ein Verfahren, das indessen wegen der geringen Haltbarkeit nur bei den unten zu erwähnenden Terracottagefäßen üblich ist. Auf Porzellan fixirt man die Metalle meist durch Aufschmelzen. Man muß sie dazu in ein möglichst feines homogenes Pulver verwandeln und erreicht dies am besten durch Reduction derselben auf nassem Wege. Gold wird aus einer möglichst neutralen Goldchlorid-

lösung durch Eisenvitriol in der Kälte gefällt und so als ein äußerst fein vertheiltes, braunschwarzes Pulver erhalten. Statt des Eisenvitriols kann man ebenso gut das salpetersaure Quecksilberoxydul als Fällungsmittel benutzen. Noch dichter fällt das niedergeschlagene Gold aus, wenn man als Reductionsmittel die Oxalsäure wählt, und man erhält damit eine viel dickere kostbare, aber auch sehr haltbare Vergoldung. Dieser Goldniederschlag wird mit einer kleinen Menge basisch salpetersauren Wismuthsoxyds gemischt, das zur Vertheilung und zugleich zur Fixirung beim Erhitzen dient, indem es mit der Kieselsäure der Glasur ein Wismuthglas bildet, und nun mit Terpentinöl, wie die andern Farben angerieben und aufgetragen. Die Fixirung des Golds erfolgt leicht und schon bei geringer Glühhitze. Es kommt zwar mit der charakteristischen gelben Farbe, indessen noch ganz matt aus dem Feuer. Um ihm den vollen Glanz zu geben, muß es mit einem Achat oder einem wohlgeglätteten Blutstein polirt werden, und man kann sehr angenehme Effecte erzielen, wenn man matte und polirte Stellen mit einander abwechseln läßt. Wird das Poliren ohne allzugroßen Druck, indessen möglichst gleichmäßig vorgenommen, und dann das vergoldete Gefäß auf kurze Zeit von Neuem erhitzt, so erhält man das schönste Matt. Diese Vergoldung nutzt sich meist beim Gebrauche sehr leicht ab und man hat daher verschiedene Auskunftsmittel vorgeschlagen. Zuerst soll z. B. eine Versilberung oder Platinirung angebracht und auf diese erst die Vergoldung aufgesetzt werden. Hierdurch wird indessen der Uebelstand nur theilweise gehoben, indem nach Abnutzung der Vergoldung zwar nicht der Porzellangrund, dafür aber die oft noch störender wirkende andere Metallfarbe hervortritt. Am wirksamsten, freilich aber auch am theuersten ist eine doppelte Vergoldung, zuerst mit Gold, das mit Quecksilber, dann mit solchen, das durch Eisenvitriol gefällt ist. Als Gegensatz hierzu mag das Glanzgold erwähnt werden, das bis jetzt immer noch als Geheimniß einzelner Fabriken zu betrachten ist. Es kommt glänzend aus der Muffel, braucht nicht polirt zu werden, würde aber auch wegen der großen Dünnheit der Schicht das Poliren kaum ertragen. Man ist noch ungewiß, ob es mittelst Knallgold (Goldoxyd — Ammoniak) oder mit einer Auflösung von Schwefelgold in Schwefelbalsam (Leinöl mit Schwefel gekocht) erhalten wird. Die ziemlich bedeutenden Mengen Gold, welche zum Vergolden des Porzellans benutzt werden, gehen für den Verkehr absolut verloren. Ein Theil desselben zerstreut sich in unmerklichen Atomen durch die Abnutzung, ein anderer könnte vielleicht von den Bruchstücken des vergoldeten Porzellans durch Behandeln derselben mit Chlorwasser wiedergewonnen werden. Die Platinirung und

Versilberung des Porzellans ist nur in geringer Ausdehnung üblich, indem letzteres leicht durch Schwefelwasserstoffausdünstungen anläuft, ersteres schon an und für sich eine unangenehme stahlgraue Farbe besitzt. Das Silber wird aus der salpetersauren Lösung des Salzes durch metallisches Kupfer, das Platin aus möglichst neutralen Platinchlorid durch Kochen mit Kali und Zucker niedergeschlagen. Beide so erhaltene Metallpulver werden mit basisch salpetersaurem Wismuthoxyd gemengt, aufgetragen und eingeschmolzen und müssen nachträglich polirt werden. Mit Platin stark überzogenes Biscuitporzellan ist als Ersatzmittel der Platinbleche bei den Grove'schen galvanischen Batterien in Vorschlag gekommen. Das Anlaufen der Silberverzierungen soll durch Auftragen einer unmerklich dünnen Schicht Goldes vermieden werden.

In der neuesten Zeit hat Dr. Elsner in Berlin, als Chemiker an der dortigen Porzellanfabrik angestellt, Porzellan auf die Art verziert, daß die natürlichen Zeichnungen der Porzellanmuschel dadurch auf's täuschendste nachgeahmt werden. Die Farben sind zu diesem Ende unter der Glasur aufgetragen und haben durch partielle Verflüchtigung im Scharffeuer ein gewissermaßen verschwommenes Ansehen erhalten, das bei der großen Zartheit des Ueberzugs einen ungemein angenehmen Effect macht.

An das eigentliche harte Feldspathporzellan schließen sich einige Sorten Thonwaaren an, die ihm entweder der Constitution oder dem äußeren Ansehen nach ziemlich nahestehen. Dahin gehört unter anderem das sogenannte Gesundheitsgeschirr, dessen Zweck ursprünglich war, die vermeintlich schädlichen, mit Blei glasirten, gemeinen Töpferwaaren zu verdrängen, und das daher zu einem möglichst niedrigen Preise hergestellt werden mußte. Zu diesem Ende setzt man demselben etwas mehr plastischen Thon und weniger Feldspath in der Masse zu, wodurch das Drehen ungemein erleichtert wird, freilich aber die Halbdurchsichtigkeit, die schönste Eigenthümlichkeit des Porzellans fast ganz verloren geht. Die ganz analog dem Porzellan behandelten, verglühten und mit Feldspathglasur überzogenen Geschirre werden ebenso im Scharffeuer gahr gebrannt, liefern aber, da sie weit weniger erweichen, viel weniger Ausschuß. Die Waare hat einen etwas gelblichen Ton von den angewendeten unreinen Materialien, guten Klang, einen nur wenig geflossenen Scherben und eine fest anhaftende, harte Glasur.

Diese Waaren haben vielfach mit dem Ausschusse des Porzellans zu kämpfen, der zu so geringem Preise verschleudert wird, daß erstere kaum damit concurriren können. Man fertigt aus dieser Masse neben den Gegen-

ständen der Haushaltung, besonders viel Apothekergeräthschaften, Mensuren, Schaalen, Standgefäße, Salbenkruken ꝛc., und es spielt in Deutschland fast dieselbe Rolle, wie die verschiedenen Steinzeugwaaren in England.

Die bekanntesten derartigen Fabriken sind die Königliche Gesundheitsgeschirrmanufactur im Thiergarten bei Berlin und die Arnoldi'sche Fabrik bei Elgersburg in Thüringen.

Mit dem Namen englisches Frittenporzellan bezeichnet man eine Waare, die, obwohl im Aeußern dem Feldspathporzellan sehr ähnlich, ihm doch durch die Zusammensetzung, mehr noch durch die Glasur sehr fern steht.

Als Basis dient der Masse ein kalkhaltiger Kaolin, der mit plastischem Thon, gemahlenem Feuerstein und Cornishstone, einem in der Zersetzung begriffenen sehr feldspathreichen Granit oder Pegmatit gemengt wird. Letzterer kann indessen bei der geringen Temperatur, die man zum Brennen anwendet, nicht genügen, um der Masse den gehörigen Fluß zu geben, und man setzt ihr daher noch Gyps und weißgebrannte Knochen oft in einer sehr bedeutenden Menge, zu.

Die Bestandtheile werden äußerst fein gemahlen und geschlemmt und dann auf die angeführten Weisen geformt. Ziemlich viel Geschirre werden durch Guß angefertigt. Zum Verglühen setzt man dieselben in Kapseln ziemlich dicht ein, da sie dabei noch nicht an einander haften. Sie erweichen indessen hinreichend, um häufig eine Unterstützung durch Spannringe und andere Hülfsmittel der Art nöthig zu machen. Das Verglühen geschieht im Scharffeuer und dauert etwa 50 Stunden. Die Glasur ist bleihaltig und weich; sie wird aus Mennige, Soda, Borax und Flintglas, d. h. dem gewöhnlichen englischen Bleiglase, zusammengeschmolzen, gestampft, gemahlen und geschlemmt. Die ziemlich porösen Geschirre können durch Eintauchen glasirt werden. Der Glasurbrand wird bei geringerer Hitze, oft schon in 18 Stunden, beendigt. Die Geschirre müssen natürlich in Kapseln und zwar isolirt von einander eingesetzt werden. Näheres über die Oefen vermag ich nicht anzuführen, indessen ist es wahrscheinlich, daß sie mit den später zu beschreibenden Fayenceöfen ziemlich identisch sein werden. Dieses englische Porzellan ist von ziemlich schönem, glänzendem Aussehen, indessen springt es leicht und seine Glasur leistet sowohl mechanischen, als auch chemischen Angriffen wenig Widerstand. Die Verzierungen durch Malerei und Vergoldung stehen im Effect denen auf hartem Porzellan weit nach, was hier wie beim Steingut durch die Natur der zu leicht schmelzenden Glasur bedingt wird.

Das französische Frittenporzellan ist heutzutage eigentlich nur noch eine histo-

rische Merkwürdigkeit. Es wurde ursprünglich erfunden, um das chinesische Porzellan nachzuahmen, und hat sich trotz der großen Mühe und Kostspieligkeit der Darstellung, trotz der mannichfachen Mängel desselben im Vergleich mit dem ächten Porzellan in Sèvres noch bis zu Ende des vorigen Jahrhunderts erhalten, indem man daselbst bekanntlich erst 1780 anfing, echtes Porzellan zu fabriciren. Selbst heutzutage bestehen noch zwei kleine Fabriken des Frittenporzellans, eine zu Tournai in Belgien und eine andere zu St. Amand du Nord in Frankreich, deren Producte auf der Londoner Ausstellung 1851 durch den schönen Effect der darauf ausgeführten Blumenmalereien Aufsehen erregten. Es würde zu weit führen, wollte ich näher auf die Details dieser untergegangenen Fabrikation eingehen. Ich führe nur an, daß die Basis derselben eine Glasfritte war, die aus einem Gemenge von Salpeter, Kochsalz, Soda, Alaun, Gyps und Sand in einem Flammofen geschmolzen wurde. Die Verhältnisse waren so gewählt, daß verhältnißmäßig ein sehr großer Ueberschuß von Alkalien vorlag, so daß eine ähnliche Beschickung, in einen Glashafen eingetragen, wahrscheinlich sehr bald vollständig zu klarem Glase geschmolzen wäre. Das Glühen der Fritte wurde so lange fortgesetzt, bis sie vollständig weiß erschien, dieselbe dann fein gepulvert und 6 Theile derselben mit 1 Theil Kreide und 1 Theil Kalkmergel von Argenteuil gemengt. Es ist also die Thonerde, wie man sieht, in dieser Fritte auf ein Minimum zurückgedrängt. Große Schwierigkeiten machte natürlich das Formen dieser Masse, die durch den Kalkmergel allein natürlich nicht die nöthige Plasticität erhalten konnte. Man mußte sich durch Zusatz einer Auflösung von schwarzer Seife oder von Gummi zu helfen suchen, die Geschirre in Gypsformen sehr dick anfertigen und durch vorsichtiges Drehen erst auf die nöthige Dünnheit zurückbringen. Die Geschirre wurden hierauf in Kapseln bei schwacher Rothgluth gebrannt, mußten aber vielfältig durch Stützen und Spannringe vor dem Zusammensinken geschützt werden. Die Glasur bestand aus Sand, Pottasche, Soda und viel Bleiglätte, wurde vollständig geschmolzen, gemahlen, durch Begießen auf das Geschirr gebracht und in der obern Etage eingebrannt. Die heutige Fabrikation bedient sich einer viel einfacheren aus 2 Theilen Soda und 7 Theilen Sand zusammengesetzten Fritte, die nach dem Mahlen mit 10% Mergel oder ebenso viel Kreide versetzt wird. Die Geschirre haben also nahezu die Zusammensetzung des gewöhnlichen Bouteillenglases, nur daß die färbenden Bestandtheile nach Möglichkeit vermieden werden.

Als Anhang mag schließlich die zuerst in England auf ein Patent von Proßer ausgeführte, später nach Frankreich verpflanzte und dort von Bapterosse zu einer überraschenden Entwicklung gebrachte Fabrikation von

sogenannten Porzellanknöpfchen dienen. Es ist dies ein Artikel, der als Hemden- und Handschuhknöpfchen eine so ausgebreitete Verwendung findet, dabei aber der Zerstörung und besonders dem Verlorengehen so ausgesetzt ist, daß seine Consumtion, analog der der Steck- und Nähnadeln, in die Millionen geht, und daß daher seine Herstellung trotz des unglaublich niedrigen Preises ein sehr lucratives Geschäft bildet. Soviel mir bekannt, existirt nur eine einzige solche Fabrik in Paris, eben die von Herrn Bapterosse, und es wäre wohl der Mühe werth zu untersuchen, ob nicht in unsern armen Gebirgsländern, z. B. im Schlesischen Gebirge, eine derartige Fabrikation ins Leben zu rufen wäre, zumal sie trotz der ausgebreiteten Anwendung von Maschinen sehr vielen Händen eine leichte und wenig Kunstfertigkeit erfordernde Arbeit gewährt.

Das Material zu diesen Waaren muß, wie man schon aus ihrem fast durchsichtigen Aussehen schließen kann, ein verhältnißmäßig leicht schmelzbares sein, und es dient auch wirklich nach der Angabe Ebelmen's nur Feldspath, höchstens mit etwas Knochenasche versetzt, dazu. Die Knöpfe aus reinem Feldspath heißen Straß-, die mit Knochenasche versetzten Achatknöpfe. Der Feldspath wird vorher mit erwärmter Salzsäure ausgezogen, um die letzten Spuren von Eisenoxyd zu entfernen, alsdann auf's feinste gemahlen und geschlemmt, dann getrocknet, gepulvert und endlich, um der Masse etwas Geschmeidigkeit zu ertheilen, mit Milch angemacht. Die so zubereitete halbfeuchte Masse gelangt nun unter eine kräftige Presse, die in einer Minute 2 — 3mal niedergeht und dabei jedesmal 500 Knöpfe fertig macht. Dieselben rangiren sich durch die Wirkung der Maschine in regelmäßigen Reihen auf Papierblätter, auf denen sie auch getrocknet und später in den Brennofen übertragen werden. Diese kleinen Massen sind natürlich dem Zerspringen beim Erhitzen weniger ausgesetzt, zumal da sie durchaus keinen Thon, welcher unregelmäßig schwindet, enthalten, und können daher das langsame Anwärmen und das analoge Abkühlen nach dem Brande vollständig entbehren. Dem entsprechend ist auch der Brennofen, ganz abweichend von allen andern für Thonwaaren bestimmten Oefen, auf einen continuirlichen Betrieb berechnet, und es herrscht in demselben, wie in den Glasöfen, während der ganzen Brennzeit eine gleichmäßig hohe Weißglühhitze.

Es ist nicht zu läugnen, daß auch das Princip seiner Construction mit dem der Glasöfen nahezu übereinstimmt. Es ist ein stehender Flammofen mit centraler ringförmiger Feuerung. Rings um dieselbe sind 6 — 7 Abtheilungen angebracht, in welchen senkrecht übereinander 6 — 7 Muffeln

von äußerst feuerfestem Thon stehen, die nach der Peripherie zu offen sind und durch Vorsetzthüren verschlossen werden können. Das auf dem Heerde brennende Feuer steigt in einer hohen Pipe in die Höhe, schlägt gegen das allseitig geschlossene Gewölbe, steigt dann zwischen den Muffeln herab, um am Boden durch Füchse nach einem ringförmigen Kanale und durch diesen in einen gut ziehenden Schornstein zu entweichen. In jeder solchen Muffel liegt eine genau abgeschliffne, rechtwinklige Thonplatte, die darin bis zur hellen Rothgluth erhitzt wird. Sobald sie diese Temperatur erreicht, holt sie der Arbeiter mit einer eigenthümlich geformten Zange heraus und legt ein mit Knöpfen belegtes Papierblatt darauf. Dasselbe verbrennt augenblicklich fast ohne Rückstand zu hinterlassen, da das Papier möglichst aschenfrei gewählt wird, und die Knöpfe finden sich dann auf der Thonplatte ganz wie auf dem Papier arrangirt. Die Platte wird nunmehr in die Muffel zurückgebracht und darin gelassen, bis die Knöpfe gleichmäßig gesintert sind, was ungefähr nach 10 Minuten eintritt. Man holt sie dann wieder heraus und entfernt die Knöpfe durch Neigen und Abkehren, worauf sich die Reihenfolge der beschriebenen Operationen, wie angegeben, wiederholt. Hat ein Ofen 60 solche Muffeln, so genügen 2 Pressen mit 3 Schlägen in der Minute und einer jedesmaligen Production von 500 Knöpfen, um denselben continuirlich mit Material zu versehen, und es können daher mit einem Ofen in einer Stunde 1,800,000 solcher Knöpfe gefertigt werden.

Allein das Aufreihen dieser Knöpfe auf Karten beschäftigt in der angeführten Fabrik 400 Frauen täglich und absorbirt $1/3$ der Produktionskosten. Außer den weißen Knöpfchen werden durch Zusatz von Kobaltoxyd, Chromoxyd 2c. noch verschiedenartig anders gefärbte angefertigt, natürlich nur in geringer Menge. Bedruckte Knöpfe werden erhalten, indem man ein Muster mit gravirten Stahlwalzen auf einen endlosen Papierstreifen druckt und diesen Druck durch eine einfache Vorrichtung auf die eben geprägten Knöpfe überträgt.

A. II. Steinzeug. Unter dieser Benennung versteht man eine gesinterte Masse, die meist gefärbt, oft auch ganz weiß und schon ohne Glasur für Wasser undurchdringlich ist. Falls eine Glasur angewendet wird, ist dies gewöhnlich nur eine Salzglasur. Die Sinterung der Masse wird durch heftiges Feuer, daneben aber auch durch Zusatz von Flußmitteln bewirkt, die bei dem feineren Steinzeug aus Feldspath, Gyps, Kalk, Baryt und Knochenasche, bei dem gröberen aber aus Eisenoxyd und anderen färbenden Oxyden bestehen. Die Undurchsichtigkeit der Masse neben der Sinterung ist das charak-

teristische Merkmal für Steinzeug und muß bei der Klassifikation um so strenger festgehalten werden, da gerade hier die zahlreichen Modifikationen, in denen man diese Art Waaren angefertigt hat, die mannichfachen Uebergänge zu Porzellan und Steingut besondere Schwierigkeiten darbieten. Ungeachtet in neuerer Zeit auch in Deutschland, z. B. in Mettlach und Wallerfangen (Reg.-Bez. Trier), in Steinau (Schlesien) 2c. feines Steinzeug in Menge producirt wird, so tritt doch unsre deutsche Production bei Weitem gegen die englische zurück, als deren Schöpfer Josiah Wedgewood betrachtet werden muß. Dieses eminente industrielle Genie, früher ein einfacher Töpfergeselle, schuf in der Grafschaft Staffordshire, die sich durch das Vorkommen von ausgezeichneten feuerfesten Thonen und durch die Nähe reichhaltiger Kohlenfelder auszeichnet, eine so ausgebreitete Thonwaarenindustrie, daß noch heute diese ganze Gegend mit dem Namen der Potteries (Töpfereien) bezeichnet wird. Seine eigenen Anlagen wuchsen zu einem volkreichen Dorfe empor, das den passenden Namen Etruria erhielt.

Wie wichtig ein solches gedrängtes Aneinanderschließen einzelner Fabrikzweige ist, indem dadurch eine Unsumme von Erfahrungen, Hülfsmitteln, geschickten Arbeitern sich ansammelt, ferner Communikationsmittel, Creditinstitute 2c. sich dem Bedürfniß entsprechend bilden, lehrt der Augenschein. Von den 2,800,000 L. St., auf die jährlich die Thonwaarenfabrikation in England geschätzt wird, fallen allein 1,800,000 L. auf Staffordshire. Dieser lokalen Concentration steht gewöhnlich eine ebenso weit getriebene Arbeitstheilung zur Seite. Dies ist indessen in den Töpfereien nicht in dem Maaße der Fall, indem, um die Thone von verschiedener Reinheit hinreichend auszunutzen, gewöhnlich Steinzeug, Fayence, Terracottawaaren 2c. in einer und derselben Fabrik angefertigt werden. Das Fehlen von hinreichend reinem Kaolin und Feldspath in England, daneben aber auch althergebrachte Sitten und Gewohnheiten des Publikums veranlaßten Wedgewood, besonders die Ausbildung der Steinzeugfabrikation in die Hand zu nehmen, und durch dieselbe werden heut zu Tage kaum weniger werthvolle und ausgezeichnete Producte geliefert, als durch die continentale Fabrikation des ächten Porzellans. Die Zusammensetzung der Masse variirt sehr, je nach den Zwecken, welche das Steinzeug erfüllen, und den Eigenschaften, die es zeigen soll. Man classificirt das Steinzeug gewöhnlich in feines und gemeines, während das feine Steinzeug wieder in weißes und farbiges zerfällt. Zu welcher Sorte nun auch das Steinzeug gehört, so ist doch immer mehr oder weniger plastischer Thon seiner Mischung zugesetzt, und dieser Bestandtheil ist es, der ihm die Undurchsichtigkeit verleiht. Beim feinen

Steinzeug treten nach Kaolin, Feuerstein und Feldspath, außerdem noch manche intensiv färbende Oxyde hinzu.

a) Feines weißes und gefärbtes Steinzeug, Wedgewoodgeschirre. Die Materialien, die aus durch organische Substanzen gefärbtem plastischen Thone, Kaolin und Cornishstone von Cornwall, endlich Feuerstein von Kent bestehen, werden gepocht, gemahlen, geschlemmt und auf's innigste gemischt. Der Zusatz von gebranntem Feuerstein zur Masse, der erst im Anfang dieses Jahrhunderts allgemeiner üblich geworden ist, erhöht in beträchtlichem Grade ihre Weiße, soll indessen die Festigkeit der Masse wesentlich beeinträchtigen. Derselbe hat im rohen Zustande die bekannte, graubraune Farbe, die indessen beim Brennen vollständig verschwindet, indem sie ausschließlich von organischen Resten herrührt. Man verrichtet dieses Brennen in besonderen Flammöfen und löscht die rothglühenden Steine in kaltem Wasser ab, worauf sie sich leicht pulvern und mahlen lassen. Die Vorrichtungen zum Mahlen und Schlemmen der Masse sind nicht wesentlich von denen, die beim Porzellan erwähnt sind, verschieden. Die Anwendung großer, dicht mit Steinen gepflasterter Mahlbottiche und einzelner darauf durch die Maschine fortgeschobener Steine, empfiehlt sich dadurch, daß man die abgenutzten quarzigen Steine nur zu brennen braucht, um sie pulvern und als Massezusatz verarbeiten zu können. Das gefärbte feine Steinzeug wird aus denselben Massebestandtheilen zusammengesetzt, indem man Kobaltoxyd für Blau, Chromoxyd für Grün, Eisen- und Manganoxyd für gelbe, braune und schwarze Farben in nicht unbeträchtlicher Menge zufügt. Statt dieser letzteren Oxyde können auch manche natürliche eisenreiche Thone dienen. Diese gefärbte Massen werden häufig nur als Anguß angewendet, so daß man z. B. eine ursprünglich weiß oder hellgelb sich brennende Masse nach dem Formen durch Begießen mit einer Schicht von intensiv gefärbtem Thone überzieht. Der Grad der Trockenheit, den die zu überziehende Masse besitzt, ist sehr wichtig. Wäre sie noch zu weich, so würde man Gefahr laufen sie aufzulösen; hätte sie dagegen den Zustand der zulässigen Trockenheit überschritten, so würde der Beguß sich von derselben beim Brennen abblättern. Dieses Angießen wird, beiläufig gesagt, besonders bei den blauen und grünen Massen angewendet, deren Preis durch die angewendeten reinen Oxyde zu hoch gesteigert werden würde. Auch dann, wenn der Anguß neben der Färbung eine Art Glasur hervorbringen soll und, um eine hinreichend intensive Färbung herzustellen, so viel Oxyde enthält, daß er, als Masse angewendet, zusammensinken würde, findet diese Angußmanier Anwendung. Eines der

nahe liegendsten Beispiele bieten die sogenannten Bunzlauer Geschirre, die nichts anderes sind als ein weißes oder schwach gelbliches Steinzeug, mit einer braunen Ausgußfarbe, die aus einem fein geschlemmten, sehr eisen- und manganreichen Thon, dem sogenannten Floßlehm, und fein zerriebenen Fensterglasscherben gemischt ist.

Sehr schöne Effecte werden dadurch erzielt, daß man auf den Grund der Gefäße reliefartige Verzierungen mit anders gefärbter Thonmasse aufsetzt. Berühmt sind in dieser Beziehung die englischen sogenannten Portlandgefäße, Nachahmungen der antiken Portlandvase, die auf einem kobaltblauen matten Grunde, Figuren, Blattwerke ꝛc. in reinem Weiß tragen.

Die Formgebung findet auf der Drehscheibe und in oft sehr zusammengesetzten Gypsformen statt. Das Brennen erfolgt in Kapseln und zwar meistens an der heißesten Stelle der später zu erwähnenden Fayenceöfen. Die hierdurch hervorgebrachte Sinterung macht jede Glasur entbehrlich, und nur manchmal erzielt man dadurch einen schwachen Anflug, daß man die Kapseln inwendig mit einem bleireichen Flusse ausstreicht. Hierzu setzt man, da die Chlormetalle meistens am flüchtigsten sind, Salmiak oder Kochsalz und wendet auch Chlorblei direct an. Selbst, wo dieses sogenannte Smearing nicht stattgefunden hat, findet man dennoch bei den vorspringenden gefärbten Reliefs einen stärkeren Glanz, was dann mit der Gegenwart von mehr Metalloxyd, das als Fluß wirkt, zusammenhängt.

Die Verzierungen auf dem Steinzeuge fallen mehr in das Gebiet der Plastik, als in das der Malerei, die sich auf dem gefärbten, matten Grunde weniger gut ausnehmen würde. Die Steinzeugmasse ist weit besser, als das Porzellan zur Darstellung von schönen zierlichen und fein ausgearbeiteten Formen geeignet. Sie ist bedeutend plastischer, schmiegt sich den angewendeten Modellen bedeutend leichter an und giebt wegen des geringen Erweichens beim Brennen weniger leicht Gelegenheit zum Verbiegen und Schwinden. Das Wegfallen der Glasur läßt überall die scharfen, reinen Contouren stehen, die sonst nur das Biscuitporzellan darbietet.

Man findet daher auch in den Magazinen der Steinauer, Mettlacher und anderer Fabriken Luxusartikel aus Steinzeug in den schönsten und künstlerischesten Formen, die durch gefällige Abwechselung der Farben und durch ihren matten Glanz das Auge bestechen. In sehr großer Ausdehnung kommen die verschiedenen Metalllüstre's in Anwendung, die beim Fayence ausführlicher erwähnt werden sollen. Beiläufig führe ich nur an, daß die stahl-

artigen Verzierungen auf vielen Steinzeugartikeln mit Platinlüstre hervorgebracht werden. Bei Geräthen, die mehr zu Schmuck und Zierde, als zum täglichen Gebrauch dienen, finden auch manchmal Oelfarbenanstriche Anwendung, wie z. B. bei manchen scharlachroth und hochgelb gefärbten Ampeln, Blumenkörben &c., wo Zinnober, Mennige und Chromgelb die färbenden Bestandtheile darstellen. Die sogenannten Chausseestaubartikel aus der March'schen Fabrik zu Charlottenburg bei Berlin werden wirklich mit Zuschlag von Chausseeabraum hergestellt, der aus nichts anderem als einen sehr feldspathreichen Granit besteht, welcher in dieser Gegend ausschließlich zum Chausseebau verwendet wird. Die Benutzung dieses Abraums erspart die Kosten für die feine Vertheilung zum größten Theile. Daß die fertigen Artikel eine graubraune Farbe zeigen, welche mit der mancher Chausseen übereinstimmt, ist nur zufällig.

b) Gemeines Steinzeug. Aus dieser Substanz werden Bier- und Brunnenflaschen, Bierkrüge, Einmachetöpfe &c. und endlich in England schon seit langer Zeit die bei uns erst in geringer Ausdehnung fabricirten chemischen Apparate, oft in ganz colossalen Dimensionen, angefertigt. Es ist hierzu als Grundmaterial ein fetter, plastischer Thon erforderlich, der gerade so viel Flußmittel in der Form von Eisenoxyd, Kalk &c. enthält, daß er bei den angewendeten starken Hitzegraden zusammensintert. Die Waare erscheint dadurch nach dem Brennen meist gelblich oder bräunlich gefärbt, was bei diesen gewöhnlichen Artikeln nicht ins Gewicht fällt. Da diese Thone gewöhnlich stark schwinden, so muß man, um dem Reißen vorzubeugen, oft Sand, auch wohl scharf gebrannten und gepulverten Thon derselben Gattung zusetzen. Ist der Sand selbst eisenschüssig, so wirkt er mit als Flußmittel. Bei dem niedrigen Preise dieser massenhaft gebrauchten Artikel ist es unthunlich, oft auch unnöthig, den Thon zu mahlen und zu schlemmen. Kann man es daran wenden, so wird man wohl thun, denselben vor der Verwendung zu trocknen, zu pulvern und zu sieben. Bei letzterer Operation kann vorzüglich der Sand möglichst gleichmäßig eingemengt werden. Nach dem Anfeuchten behandelt man die Masse dann in einem sogenannten Thonschneider, wie er weiter unten bei der Ziegelfabrikation erwähnt werden wird, und erhält so eine sehr formbare, plastische Masse, die sich mit den gewöhnlichen Mitteln leicht verarbeiten läßt. Wo das Trocknen und Sieben nicht angeht, hilft man sich auf andere Weise. Die verschiedenen Sorten Thon, die verwendet werden sollen, sowie der zugesetzte Sand &c. werden angefeuchtet und in möglichst dünnen, abwechselnden Schichten übereinander

auf einen Haufen geschlagen. Die Stärke der einzelnen Schichten richtet sich natürlich nach den Verhältnissen, in denen einzelne Materialien in die Zusammensetzung eingehen. Von diesen Haufen werden nun mit einem halbmondförmig gekrümmten Messer (F. 91.) dünne Spähne senkrecht abgeschnitten, wodurch man natürlich eine Masse erhält, die ziemlich genau das richtige Mischungsverhältniß zeigt. Diese Spähne werden nun nochmals in Haufen geschlagen, mit den Füßen durchgetreten oder in einem Thonschneider bearbeitet und so zur Verarbeitung fertig gemacht. Erlauben es die Verhältnisse, so wird man gut thun, die fertige Masse noch einige Zeit lang lagern zu lassen.

Fig. 91.



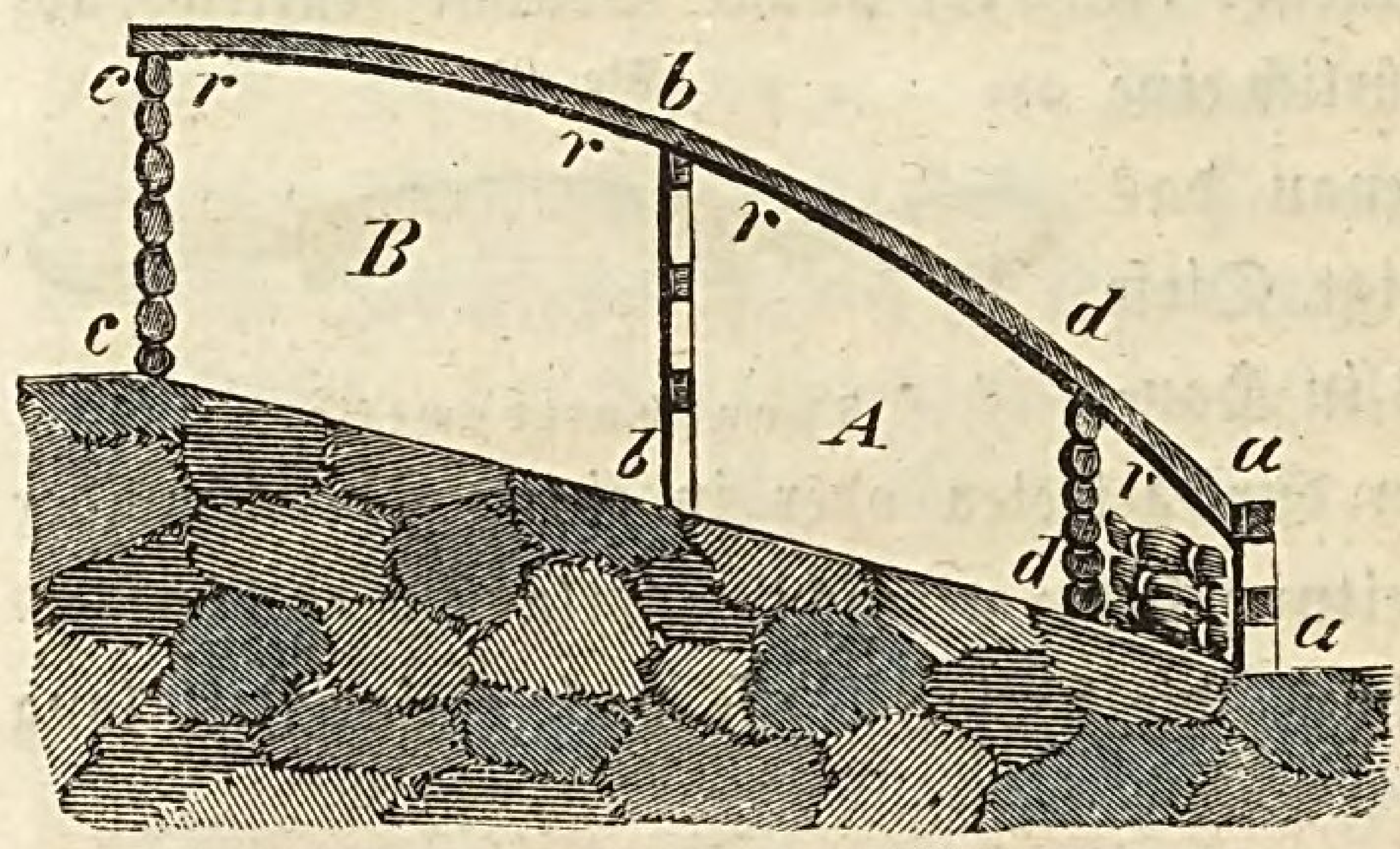
Thonschneidemesser.

Hierauf werden nun die Gefäße auf einer gewöhnlichen Töpferscheibe mit den beim Porzellan erwähnten Manipulationen geformt. Große Gefäße werden auch wohl in Holzformen eingeschlagen und die überhängenden Theile, wie Henkel &c. aus freier Hand angesetzt. Die Formung der großen Flaschen zur Chlorentwicklung gehört zu den schwierigsten Formgebungen, die hier vorkommen können. Man setzt sie aus Blättern zusammen, die durch vorsichtiges Schlagen vereinigt werden. Hierauf folgt ein sehr langsames Trocknen in geschlossnen Räumen, die durch die Wärme der Brennöfen selbst geheitzt werden, und endlich das Einsetzen in die Oefen. Hierzu werden keine Kapseln angewendet, und man muß daher, um das Anbacken und das Zerdrücken beim Erweichen zu verhindern, die größeren Geschirre durch zwischengesetzte Säulen von Ziegeln von einander isoliren.

In den größern Fabriken werden fast allgemein, besonders zum Brennen der großen Steinzeugapparate runde, oben kuppelförmig geschlossene Oefen verwendet. Flaschen &c. können wohl auch in den gewöhnlichen Töpferöfen gebrannt werden, die ich weiter unten bei der Erwähnung der gewöhnlichen Töpfergeschirre berühren werde. Eine etwas abweichende Construction, wie sie im Nassauischen zur Anfertigung der Brunnenflaschen üblich ist, werde ich hier kurz anführen. Man wählt einen sanft aufsteigenden Hügel aus, und construirt an demselben aus gewöhnlichen Ziegeln einen Ofen von nebenstehendem Querschnitt, Fig. 92, (s. Seite 424). Am tiefsten Punkte befinden sich drei aus Backsteinen solide aufgeführte und überwölbte Feuerungen a, hinter denen nun die Geschirre auf der sanft ansteigenden Sohle übereinander aufgesetzt werden. In der Mitte befindet sich eine gemauerte, vielfach durchbrochene Scheidewand b, die den allzugroßen Druck der in der oberen Hälfte stehenden Geschirre aufhalten soll. Das

Gewölbe r r wird der Leichtigkeit halber aus eigens geformten Töpfen construirt, die durch Thonmörtel verbunden werden. Auf gleiche Weise sind die Wände d und c construirt, durch deren Zwischenräume die entwickelte Flamme gleichmäßig vertheilt wird. Die erhitzte Luft entweicht im oberen Theile entweder durch eine ähnliche durchbrochene Wand, oder besser in einen niedrigen Schornstein. In diesen Ofen wird nur mit Holz gefeuert, und es genügt

Fig. 92.



Nassauische Steinzeugofen.

daher diese leichte Aufsteigung, um den nöthigen Zug hervorzubringen. In die hintern Theile werden meistens bloß mit Bleiglasur versehene Geschirre eingesetzt, die eine viel niedrigere Temperatur zum Brennen bedürfen. Um dem Steinzeuge eine oberflächliche Glasur zu geben, genügt folgendes einfache Verfahren, das unter dem Namen der Salzglasur bekannt ist und bei dieser Art Waaren fast ausschließlich Anwendung findet. Man wirft zu diesem Ende, wenn der Ofen sich in höchster Gluth befindet, einige Hände voll Salz in die Feuerung. Diese verflüchtigen sich bei dem lebhaften Luftzuge und der hohen Temperatur sehr rasch, und verbreiten im ganzen Ofen eine Atmosphäre von Kochsalzdämpfen. Kommt nun das Chlornatrium bei scharfer Rothglühhitze und bei Gegenwart von Wasserdämpfen, an denen es bei Holzfeuerung nie fehlt, mit dem kieselsäurereichen Thon zusammen, so zerlegt es sich damit, indem sich Chlorwasserstoffsäure und kieselsaures Natron bildet, das mit der überschüssigen Thonerde und dem Eisenoxyd eine Art Flaschenglas liefert und einen zwar äußerst dünnen, aber sehr festhaftenden, selbst gegen concentrirte Schwefelsäure beständigen, glasartigen Ueberzug bildet.

B. I. 1) Fayence wurde von dem Orte seiner ersten Anfertigung, Faenza, ein Geschirr genannt, das auch unter dem Namen „Majolika" wegen der künstlerischen Formen und Malereien den Kunstkennern wohl bekannt und für sie von hohem Werthe ist.

Wie bei den antiken Gefäßen, war auch hier, ehe die Wissenschaft ihr Licht über die Industrie verbreitete, Material und Zubereitung vom technischen Standpunkte aus vollständig zu verwerfen. Die Masse

bestand aus einem gelblichen, sehr schwach gebrannten und sehr unvollkommen zubereiteten Thone von vollständig erdigem Bruche. Um die unangenehme Farbe zu verbergen, wurde hierauf eine ziemlich dicke Schicht eines durch Zinnoxyd undurchsichtig gemachten Bleiglases aufgetragen, die alle die Uebelstände im erhöhten Maße besaß, die wir noch heute bei der analogen Kachelfabrikation zu bekämpfen haben. Auf diese Glasur wurden nun die Malereien aus freier Hand aufgetragen, deren Schönheit, trotz der geringen Zahl der angewendeten Farben, wir noch heute bewundern. Es würde thöricht sein, wenn man die ganzen Erwerbungen des menschlichen Geistes im Betreff dieses Zweiges der Technik aufgeben und à tout prix Majolika fabriciren wollte. Indessen ist doch nicht zu läugnen, daß unsern Töpfern etwas von dem freien Kunstsinne zu wünschen wäre, der diese Art von Geschirren geschaffen hat.

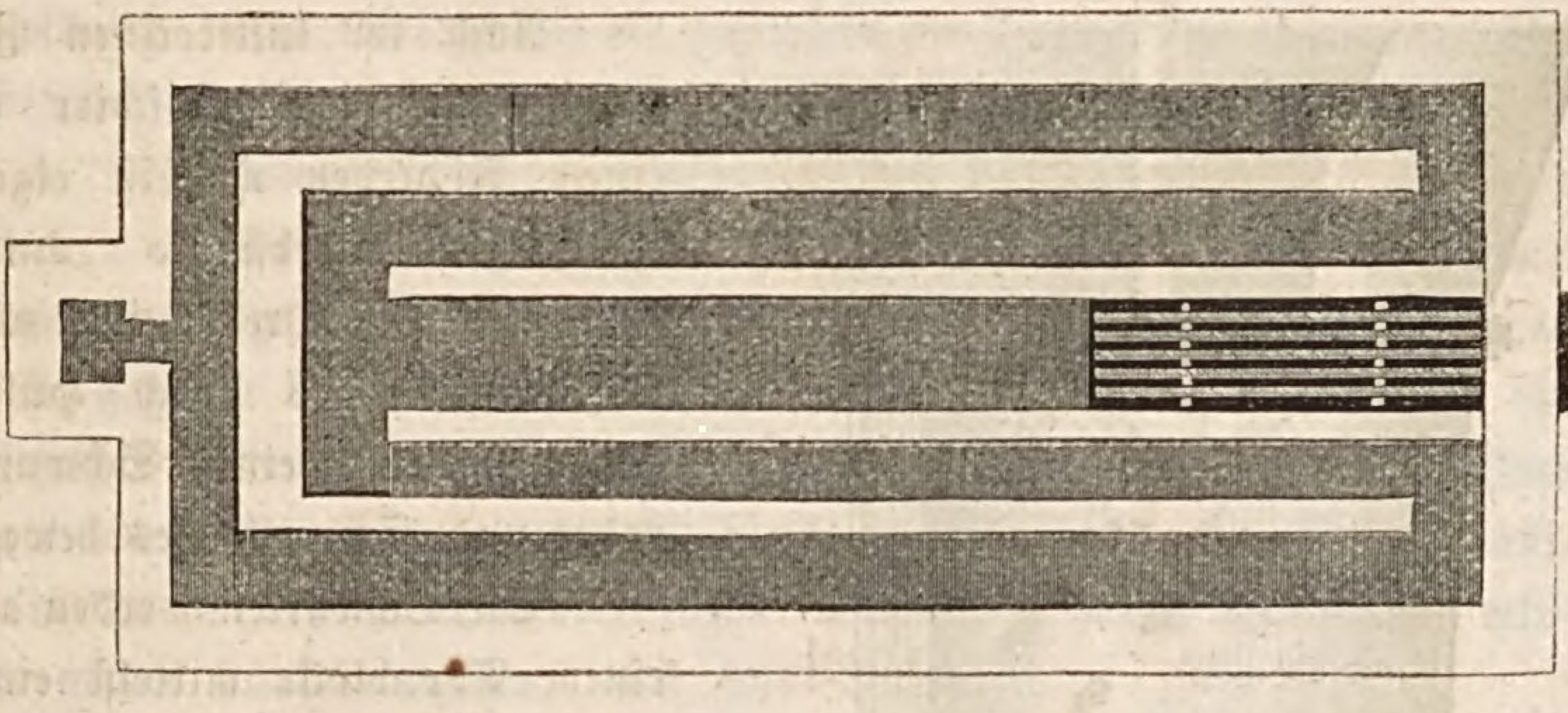
Gegenüber dieser ganz verschwundenen Fabrikation hat sich zuerst in England, später auch bei uns eine Art Geschirr eingebürgert, das ebenfalls eine erdige, aber weiße Masse und eine bleiische, aber durchsichtige Glasur besitzt und das unter dem Namen ächte Fayence, mehr noch unter dem Namen Steingut bekannt ist, ein Name, der leicht zu Verwechselungen mit dem eben erwähnten Steinzeuge Anlaß giebt. Diese Waare wird in England in unglaublichen Quantitäten angefertigt und consumirt, während ihr in Deutschland die Gewöhnung an Porzellangeschirr in den besseren Haushaltungen sehr im Wege steht. Nicht mit Unrecht. Die Steingutmasse ist dem Springen über Feuer weit mehr als das Porzellan unterworfen; die Glasur ist bleiisch und daher so weich, daß sie leicht durch stählerne Werkzeuge geritzt wird und daß auf diese Art als Staub, vielleicht auch bei übermäßigem Bleigehalt durch chemische Auflösung das so schädliche Blei in die Speisen kommen kann. Selbst wenn diese Befürchtung grundlos wäre, so bleibt dafür ein anderer Uebelstand sehr zu berücksichtigen, daß nämlich die Glasur leicht Haarrisse bekommt, durch welche Fett von den Speisen in die Masse dringt und die Geschirre unausbleiblich schmutzig und unappetitlich aussehend macht. Die unglaubliche Wohlfeilheit dieser Geschirre bei gefälligem, oft sehr hübschem Aussehen, steht diesem allem gegenüber. Dieser niedrige Preis findet seine Erklärung einmal in der großen Leichtigkeit der Formgebung, welche ihrerseits durch die hohe Plastizität der Masse bedingt wird. Es fallen ferner die Kosten für den theuern Feldspath, für das Mahlen, Schlemmen und Lagern weg, und endlich sind auch die beim Porzellan so bedeutenden Brennkosten durch folgende zwei Umstände auf ein sehr geringes Maaß reduzirt. Einerseits bedarf das Stein-

gut zum Brennen nur einer mäßigen Rothgluth, während das Porzellan die heftigste Weißglühhitze verlangt, um zusammenzusintern, und andererseits lassen sich die Geschirre, indem sie nicht erweichen und zusammensinken, sowohl beim Verglüh- als auch beim Glasurbrande viel dichter zusammensetzen, so daß ein Ofen vielleicht 5mal so viel Steingut als Porzellan faßt.

Die Masse zum Steingut besteht im Wesentlichen aus fetten Thonsorten, die sich im Feuer weißbrennen müssen. Sie können durch organische Substanzen vielfach gefärbt sein und dennoch eine vollkommen weiße Masse liefern, wie z. B. manche blaue Braunkohlenthone. Indessen kommen auch vielfältig weiße plastische Thone zur Anwendung, die sich nur durch die Eigenschaft der Plastizität vom Kaolin unterscheiden. Ein ausgezeichneter Thon der Art wird in Vallendar in der Nähe von Coblenz gegraben. Sehr reich ist auch die baierische Rheinpfalz daran. Diese Thone werden meistens nach den Fabriken hintransportirt, die im Saarbrücker Steinkohlenbecken in großer Zahl und Ausdehnung vorhanden sind. Selten wird ein Thon allein für sich angewendet, sondern meistens mehrere derselben mit einander vermischt, weil dies die Formbarkeit der Masse befördert. Diese fetten Thone, für sich angewendet, würden unausbleiblich beim Trocknen und Brennen reißen. Man ist daher genöthigt, feines Quarzpulver, am besten gepulverten Feuerstein, wie beim Steinzeuge zuzusetzen, der hier zugleich durch Vertheilung der Farbe bleichend wirkt. Das Mahlen desselben findet auf Blockmühlen statt, wie sie oben beschrieben sind. Das Schlemmen des Thones geschieht ebenfalls auf die oben beim Porzellan angeführte Weise, nur daß hier wegen der großen Quantitäten, die zum Verbrauch kommen, die Dimensionen der Apparate meistens viel größer sind, indem man sich häufig zum Aufschlemmen und zum Absetzen großer gemauerter Bassins bedient, die durch Ausfugen mit hydraulischem Cement wasserdicht gemacht werden. Nachdem die Materialien durch Durchlassen sämmtlicher Schlempen durch ein und denselben Sieb gut gemischt worden, läßt man absetzen und das klare Wasser oben abfließen. Man könnte vielleicht dieses Absetzen durch Einwerfen einiger Alaunkrystalle sehr beschleunigen, da merkwürdigerweise fast unmeßbar kleine Quantitäten dieses Salzes genügen, um trübe, schmutzige Flüssigkeiten rasch zu klären. Nach dem Absetzen folgt das Abdampfen des rückständigen dünnen Thonbreies, da hier wegen der Zähigkeit der Masse das Pressen ꝛc. unthunlich erscheint. Die zum Abdampfen bestimmten Bassins sind meistentheils sehr groß, wenig tief, aus Eisenblech angefertigt, das sehr rein gehalten werden muß, und liegen im Niveau des Fußbodens, um das Rühren und die übrigen Manipulationen

zu erleichtern. Etwas unter der Sohle sind die Feuerungen angebracht, deren Flamme in Zügen unter dem Boden der Pfanne hingeleitet wird und einen Weg von 40 — 50 Fuß zurückzulegen hat, ehe sie in den Schornstein entweicht (Fig. 93). Denken wir uns, daß

Fig. 93.

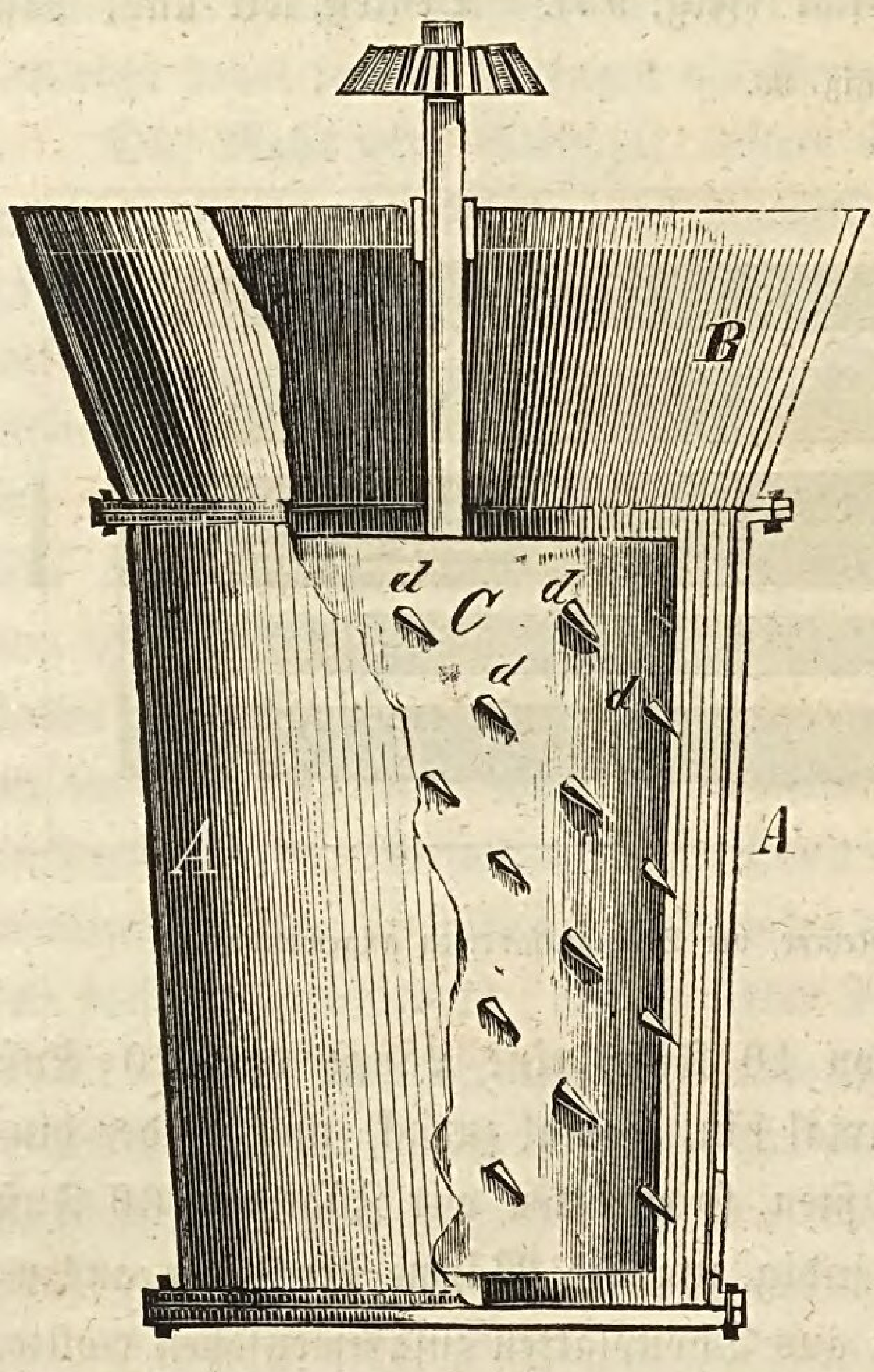


Ofen zum Abdampfen der Thonschlempe, bei Steingutfabriken angewendet.

die Abdampfpfannen eine Breite von 10 Fuß, eine Länge von 20 Fuß hätten, und daß die Feuergase einmal hin, einmal zurück, und wieder hinwärts in den Schornstein ziehen müßten, so erhalten wir Züge von 60 Fuß Länge. Diese Länge genügt vollständig, um die Wärme der Gase auszunützen, selbst wenn man den Boden aus Thonplatten zusammensetzen wollte, um alle Einmengung von Eisen zu vermeiden. Um das Rühren und Herausschaffen des Thons zu erleichtern, muß der Boden sehr glatt sein und die Nietköpfe daher versenkt werden. Die zur hinreichenden Consistenz abgedampfte Masse wird herausgeschaufelt und am besten in einem Thonschneider weiter behandelt. Ein solcher Thonschneider bestand in Wallerfangen, einer der bedeutendsten Steingutfabriken der Saarbrücker Gegend, aus einem nach unten sich verengenden, etwa 4 Fuß hohem gußeisernem Rumpfe A Fig. 94, (s. Seite 428), in dem sich ein kleinerer Kegel B aus demselben Material dreht, der an der Peripherie mit spiralförmig angebrachten kurzen stumpfen Messern d versehen ist, die ziemlich dicht an der äußern Peripherie vorbeistreichen. Sie sind sowohl in ihrer Breiten- als in ihrer Längsrichtung etwas nach unten und außen geneigt, durch welche Anordnung die Masse mehr nach unten gedrängt, und, da hier nur eine mäßige Oeffnung gelassen ist, ziemlich bedeutend comprimirt wird. Auf andern Werken werden auch gewöhnliche Thonschneider benutzt (s. unten Ziegelfabrikation).

Die so fertig gemachte Masse wird nun auf ganz analoge Weise wie das Porzellan durch Aufdrehen von Ballen und Schwarten auf Gypsformen, durch Abdrehen im feuchten Zustande mittelst einer aus glasirtem Steingut bestehenden Schablone ꝛc. geformt.

Fig. 94.



Thonschneider für Steingutmasse.

Auch im lufttrocknen Zustande wird das Geschirr oft einem Abdrehen mittelst eigenthümlicher Drehstähle unterworfen. Die Drehscheiben werden meistentheils durch Hülfsarbeiter mittelst eines Schwungrades und Schnurlaufes bewegt.

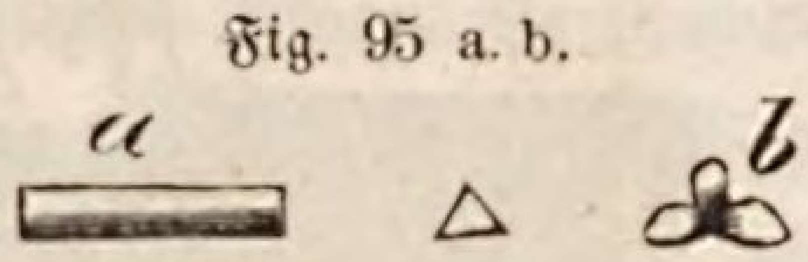
Die Schwarten werden aus einem Thonblocke mittelst eines feinen Messingdrahtes geschnitten. In einer Steingutfabrik, unmittelbar in der Nähe von Saarbrücken, sah ich folgende Maschine dazu angewendet, die ausgezeichnet funktionirte. Ein vollständig homogener Masseblock von nahezu kubischer Form liegt auf einem Schlitten, der ihn gegen einen straff ausgespannten Messingdraht führt, der bei jedesmaligem Rückgange des Schlittens durch die Maschine selbst, um die Dicke einer Schwarte niedriger gestellt wird. Aus solchen Schwarten fertigt ein geübter Arbeiter in 10 Arbeitsstunden ungefähr 500 Teller, selbst wenn er die Scheibe selbst treiben muß, während er beim Porzellan nur circa 50 fertig bringt. Die geformten Teller lösen sich leicht vom Gyps ab. Als Hülfsmittel bedient man sich des Auftupfens mit einem schwach übertrocknetem Masseballchen, an dem der Teller leicht anhängt und welches nach dem Abnehmen desselben von der Gypsform sich, ohne Spuren zu hinterlassen, entfernen läßt.

Die fertigen Waaren werden erst verglüht, dann meistentheils durch Aufdrucken von Zeichnungen verziert, endlich glasirt und in einem besondern Ofen bei geringerer Hitze zum zweitenmale gebrannt. Verzierungen auf der Glasur, besonders die Metalllüstres und die Vergoldungen, werden nach-

träglich in einer Muffel eingebrannt. Alle Steingutgeschirre werden sowohl beim Verglüh= als beim Glasurbrande in Kapseln eingesetzt. Die rohen Geschirre können ganz dicht in die Kapseln eingestellt werden, da sie sich weder verziehen noch aneinander haften können. Beim Glasurbrande ist es dagegen nöthig, sie durch sogenannte Pinnen oder Dreispitzen von einander zu isoliren. Die Pinnen (Fig. 95 a) sind kleine, etwa $1\frac{1}{2}$—2 Zoll lange Prismen, deren Querschnitt ein gleichseitiges Dreieck von etwa zwei Linien Seitenlänge ist.

Dieselben werden in nur wenig weitere Löcher eingesteckt, die, in drei Reihen angeordnet, sich in der Kapselwand befinden. Um ein Reißen der Kapselwand zu vermeiden, das stattfinden könnte, wenn man diese Löcher in einer geraden Linie übereinander anbringen wollte, wird man wohl thun, dieselben lieber in Spirallinien anzuordnen. Man formt die Pinnen in einer zweitheiligen geölten Messingform aus Steingutmasse und läßt sie natürlich unglasirt. Die Dreispitzen (Fig. 95 b) haben Aehnlichkeit mit der Form der Räucherkerzchen. Es sind Tetraeder mit etwas hervorstehenden Spitzen, die also beim Hineinlegen in eine Kapsel immer eine Spitze nach oben kehren und auf der Glasur der darauf gestellten Geschirre daher nur einen feinen Punkt hinterlassen. Auch die Dreispitzen werden durch Pressen geformt. Die Anwendung der Pinnen verräth sich durch drei feine Linien, die sich bei genauer Beobachtung am Rande der Steingutteller leicht erkennen lassen.

Fig. 95 a. b.

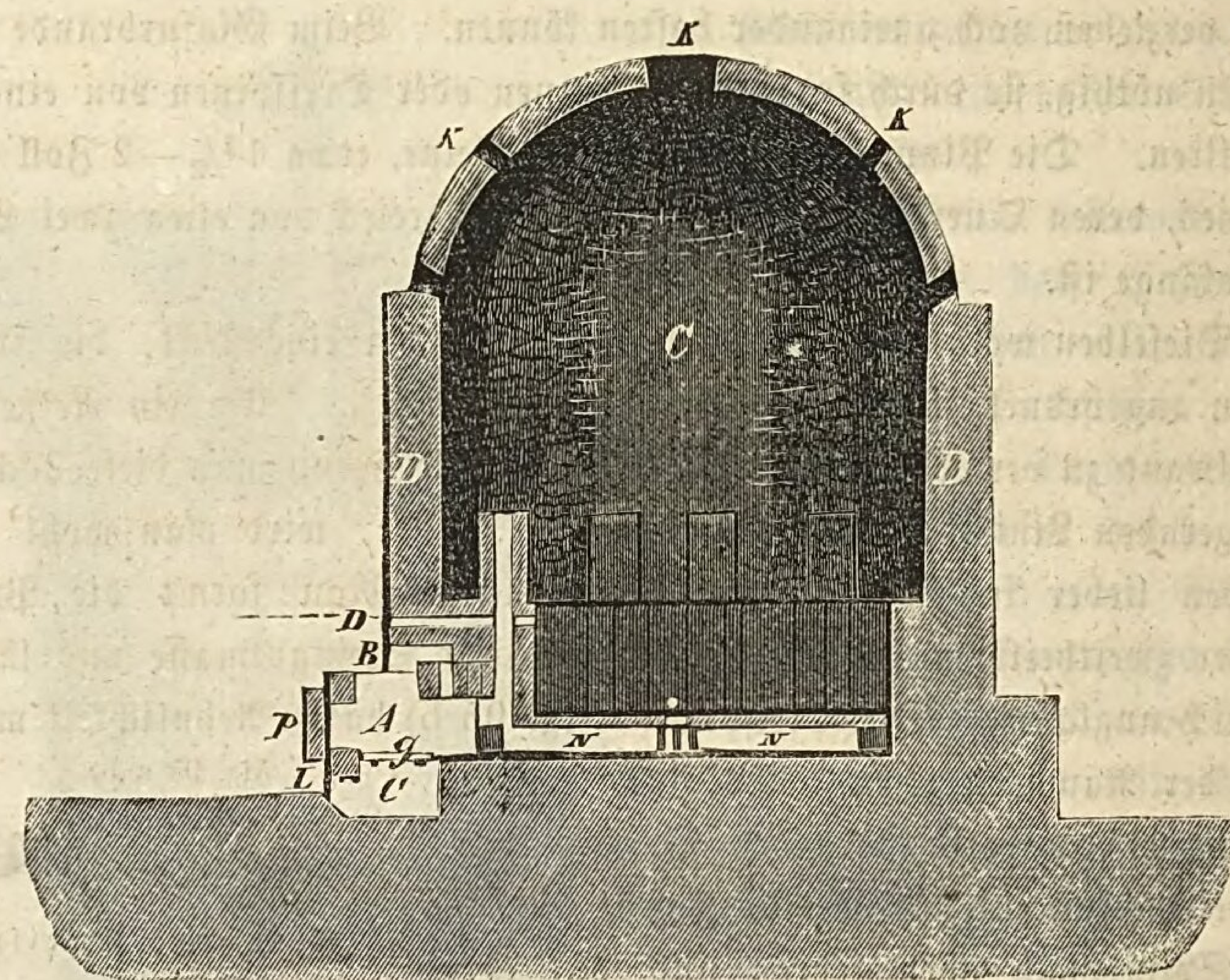


Pinne. Dreispitz.

Die Oefen zum Steingutbrande (Fig. 96 s. Seite 430) sind einfacher als die Porzellanöfen construirt. Sie haben fast immer nur eine Etage, und der Brennraum stellt einen etwa 12—13 Fuß hohen, 14—15 Fuß weiten Cylinder C dar, der aber durch ein mehrfach durchbrochenes, halbkugelförmiges Gewölbe geschlossen ist. Die Zahl der Feuerungen A beträgt gewöhnlich zwischen 4 und 7. Sie ähneln denen bei den Porzellanöfen, sind indessen meistens nur für Steinkohlenfeuerung berechnet und vertheilen sich gleichmäßig an der Peripherie des Ofens. Während des Anwärmens geht der Zug von unten durch den Rost g, während die obere Oeffnung B geschlossen ist. Beim Scharffeuer wird dagegen nur Oberzug gegeben, C daher geschlossen und B geöffnet; die Thüre p dient zum Schüren. Man sucht Steinkohlen mit möglichst langer Flamme zum Brennen zu bekommen. Ein Theil der Flamme geht in einem Kanal N zum Centrum des Ofens, um dort in einem niedrigeren, aber weiteren Kanal, der die Flamme aller Kanäle N zu fassen vermag, aufzusteigen und sich im Ofen auszubreiten.

Der andere Theil der Flamme steigt in etwas höheren Kanal in die Höhe, die in der Entfernung von 1 — $1\frac{1}{2}$ Fuß von der Peripherie an-

Fig. 96.



Steingutofen.

gelegt ist. Die so möglichst gleichmäßig vertheilten Flammen verbreiten sich im Ofenraum C und entweichen endlich durch die Zugöffnungen K, die symmetrisch vertheilt im Ofengewölbe angebracht sind. Vielleicht würde man einen wesentlich gleichmäßigeren Brand erzielen, wenn man die Feuerungen an den obern Theil des Cylinders verlegen und dafür in der Mitte des Ofens eine centrale Esse anlegen würde, die nur an ihrer Basis der Flamme Eintritt gewähren würde. Die erhitzte Luft würde sich unter dem allseitig geschlossenen Kuppelgewölbe ausbreiten, und sich sehr gleichmäßig nach unten senken. Der centrale Kamin müßte natürlich hoch genug sein, um trotz dieser Umkehrung des Feuers einen lebhaften Zug hervorzubringen. Die Steingutöfen stehen in England meist im Freien, und sind deshalb, besonders aber auch um den Rauch rasch abzuführen und dadurch den Zug zu befördern mit einem kuppelförmigen Rauchmantel umgeben, der durch weite Bogenöffnungen an der Basis Zutritt zu den Feuerungen und zur Einsatzöffnung läßt.

Die verhältnißmäßig niedrige Temperatur, die in diesen Oefen herrscht, erlaubt Steine von geringerer Feuerbeständigkeit zu ihrer Construction zu verwenden. Dessen ungeachtet ist es rathsam, gerade in diesem

Punkte nicht zu sparsam zu sein und besonders auch das Einbinden in eiserne Reifen nicht zu versäumen. Es bezahlt sich diese Ausgabe sehr bald durch längere Dauer der Oefen.

Es existiren auch Steingutöfen mit mehr als einer Etage, in denen aber dann gleichmäßig gaar gebrannt oder verglüht wird. Es sind zu diesem Ende in der obern Etage ebenfalls ganz analog construirte Feuerungen angebracht, die erst angezündet werden, wenn die untere Etage abgebrannt ist. Da der Inhalt der oberen Etage zu dieser Zeit schon eine schwache Rothgluth erlangt hat, ist dann zum Fertigbrennen nur noch wenig Brennmaterial nöthig. Wegen der größeren Höhe des Ofens findet auch ein besserer Zug statt, ein Vortheil, der indessen theilweise durch die bedeutend größeren Schwierigkeiten der Construction aufgehoben wird.

Die Oefen zum Glasurbrande unterscheiden sich von denen zum Verglühen in ihrer Construction nur unwesentlich, und man kann auch mit einem Ofen auskommen, wenn man denselben abwechselnd zum Verglühen oder zum Glasiren anwendet. Ersteres, das eine bedeutend höhere Temperatur verlangt, dauert dann ungefähr 40, letzteres circa 18 Stunden. Wegen dieser ungleichen Dauer des Brandes ist es nicht gut thunlich, etwa in der oberen Etage glasirtes, in der untern rohes Steingut einzusetzen. Bei der durch letzteres bedingten längeren Dauer des Brandes würde die Glasur zu lange dem Rauch &c. ausgesetzt sein und auch oft durch zu hohe Temperatur eine zu große Flüssigkeit erlangen, in die Masse eindringen oder in Tropfen zusammenlaufen. Zum Glasurbrande gehört daher ein lebhaftes, klares, rasch sich steigerndes Feuer, das, unmittelbar nachdem die Glasur hinreichend geflossen, ausgelöscht werden muß. Die Glasur selbst ist durchgängig reich an Bleioxyd. Bei einigen Werken ist sie ein Gemenge von Mennige und Krystallglas, und deßhalb erscheinen die damit überzogenen Geschirre vor dem Einbrennen schön roth. In andern Fabriken schmilzt man die Materialien dazu, die aus Mennige, Bleiweiß, Pottasche, Soda, Borax und Salpeter neben sehr reinem Quarzsande bestehen und vorher in Mengetrommeln innig gemischt worden sind, im Steingutofen selbst zu einem klaren Glase zusammen, das trocken gestampft und dann auf's feinste naß gemahlen wird. Ein geringer Zusatz von Smalte dient, um die immer etwas gelbliche Nüance der unterliegenden Thonmasse zu verdecken. Die Glasur wird ganz wie bei der Porzellanmasse durch Eintauchen der verglühten Geschirre aufgetragen. Es ist dabei einerseits die größere Porosität der Masse zu bedenken, die bei allzulangem oder ungleichmäßigem Verweilen in der Glasurbrühe eine ungleiche und zu

dicke Glasurschicht auf den Geschirren fixiren würde. Andrerseits ist das große specifische Gewicht des Bleiglases zu berücksichtigen, das ein häufiges Aufrühren der Glasur unerläßlich macht.

Was nun die Verzierungen auf dem Steingute anbelangt, so müssen dieselben, was sowohl Form als Farbengebung betrifft, auf möglichst wohlfeile Weise herzustellen sein. Complicirte Formen, Verzierungen durch Malerei ꝛc. werden daher dem Porzellan oder Steinzeug überlassen und dafür besonders das Aufdrucken von einfarbigen Zeichnungen in Anwendung gebracht. Dieses dem Steingut ganz eigenthümliche Verfahren liefert sehr schöne Effecte auf sehr wohlfeilem Wege. Es findet durchgängig unter der Glasur statt, wobei indessen die Zahl der verwendbaren Farben viel größer ist, als in dem analogen Falle der Porzellanmalerei, weil die Bedingung der hohen Feuerbeständigkeit wegfällt. Gewöhnlich werden die färbenden Oxyde nur mit wenig Fluß zusammengeschmolzen, indem die Fixirung später durch die Glasur selbst erfolgt.

Wie beim Porzellan und Glas bilden Chromoxyd, Kobaltoxyd, Eisenoxyd, Antimonsäure ꝛc. die Farbestoffe. Die Rosa-, Carmin- und Purpurfarben, welche bei Porzellan aus Gold dargestellt werden, waren längere Zeit wegen ihres hohen Preises außerhalb des Bereiches der Steingutmalerei, bis in England ein Ersatz dafür in der sogenannten Pinkcolour entdeckt wurde, die heut zu Tage in großer Ausdehnung bei Steingut Anwendung findet. Dies ist nichts anderes als Zinnoxyd oder zinnsaurer Kalk, die durch Zusatz kleiner Mengen Chrom violettroth gefärbt sind. Es ist sehr wahrscheinlich, daß das Färbende hierbei Chromoxydul ist, dem bekanntlich die Farbe des Granats zugeschrieben wird. Es könnte indessen auch Chromoxyd in einer eigenthümlichen Verbindung mit Zinnsäure sein, indem ja bekanntlich manche Chromoxydsalze das Licht, besonders im festen Zustande, mit violettrother Farbe reflectiren. Man bereitet die Pinkcolour, indem man 100 Th. Zinnoxyd (Zinnasche) mit 30 Th. Kreide mischt, 1 — 1,5% Chromoxyd oder statt dessen 3 — 4% saures chromsaures Kali zusetzt und das Gemenge mehrere Stunden lang heftig glüht. Die schmutzig roth gefärbte Masse wird alsdann mit verdünnter Salzsäure ausgezogen und erhält durch diese Behandlung eine schön rothe Farbe. Vielleicht erhielte man eine noch intensivere Färbung, wenn man möglichst säurefreies Zinnchlorid mit chromsaurem Kali fällen, den entstandenen gelben Niederschlag trocknen und zum Glühen erhitzen würde. Derselbe wird dabei intensiv violett. Nach Mittheilungen aus Wallerfangen (s. o.) soll man eine sehr schöne Pinkcolour erhalten, indem man gallertartige Kieselsäure mit einer Lösung von saurem

chromsaurem Kali anfeuchtet und glüht. Als Farbe zu dem sehr häufig angewendeten Druck in Schwarz sind vorzugsweise Gemische von Kobalt-, Mangan- und Kupferoxyd in Gebrauch. (S. auch Gentele's Mischung von Chrom- und Eisenoxyd.)

Diese verschiedenen Farben werden naß auf's feinste gemahlen und dann nach sorgfältigem Trocknen mit Druckerfirniß gemischt. Derselbe soll rasch trocknen und muß daher ziemlich lange und hoch genug erhitzt werden, wenn er dadurch auch eine unverhältnißmäßige dunkle Farbe annehmen sollte. Die zum Druck benutzten Kupfer- oder Stahlplatten liefern nur durch eine sehr tiefe Gravirung Abdrücke, welche nach dem Aufbrennen genügende Intensität besitzen, und nutzen sich außerdem durch die scharfen Theilchen der Glasflüsse äußerst rasch ab. Steindruck, Holzschnitt und andere Mittel zur Vervielfältigung sind begreiflicher Weise hierzu wenig anwendbar. Die gravirten Kupferplatten werden auf einer geheizten Eisenplatte mäßig erwärmt und dann die Farbemasse mit einem biegsamen Spatel aufgetragen, worauf man den Ueberschuß mittelst Lederballen beseitigt. Das Papier, auf welches der Druck erfolgt, wird vorher mit Leinsamenschleim getränkt, so daß kein Eindringen der Druckfarbe in dasselbe stattfinden kann. Es ist ziemlich dünn und läßt sich leicht im Wasser aufweichen. Ist der Druck durch Durchgehenlassen zwischen zwei Walzen, von welchen die obere mit Wollenzeug überzogen ist, erfolgt, so wird das Papier nach Vorschrift zerschnitten und die erhaltenen Zeichnungen auf die verglühte Waare, natürlich mit der Zeichnung nach unten aufgelegt, und mittelst Tupfballen und Falzbeinen stark angedrückt. Die Zeichnungen müssen so arrangirt sein, daß dies bei den runden Gefäßen möglichst ohne Falten geschehen kann. Eine Guirlande, die auf dem Rande eines Tellers angebracht werden soll, wird daher nicht auf einen geraden, sondern auf einen ringförmigen Streifen gedruckt. Geht es an, so läßt man in der Zeichnung keilförmige leere Zwischenräume, die nachher ausgeschnitten werden und das faltenlose Anlegen sehr erleichtern. Wo ein rund herumlaufender Streifen Ornamente beabsichtigt wird, muß man die Ausdehnung des Papiers beim Drucken berücksichtigen, damit auch die Enden richtig zusammenpassen. Endlich theilt man natürlich die Bogen so ein, daß ein Blatt für möglichst viele Geschirre ausreicht, wenn auch dadurch die Arbeit des Ausschneidens etwas erschwert wird. Ist man überzeugt, daß der Druck an allen Stellen auf dem verglühten Geschirre haftet und daß die Farbe vollständig eingetrocknet ist, so feuchtet man das Papier an und reibt es mit den gleichfalls naßgemachten Fingern weg. Soll, was in einzelnen Fällen

geschieht, ein schon glasirtes Geschirr bedruckt werden, so ist es nothwendig, dasselbe vorher mit einem Ueberzug von Terpentinölfirniß zu versehen, mit dem sich dann der Druck leicht, das gummirte Papier aber gar nicht verbindet. Das Angreifen der Platten durch die Farbentheilchen hat zu einer etwas anderen Methode geführt. Man reibt die gestochene Platte bloß mit dickem Firniß ein und druckt dann auf ein feuchtes Blatt von sogenannter Gelatine, das nun auf die Geschirre aufgedrückt wird und auf diesen die der Zeichnung entsprechenden Firnißlinien zurückläßt.

Wird nun das Geschirr mit der fein gepulverten Farbe bestäubt, so bleibt dieselbe nur an diesen Linien kleben und läßt sich von den übrigen Stellen leicht durch Abblasen oder mittelst eines leichten Flederwisches beseitigen. Vielleicht wäre es auch thunlich, hier die Holzschnittmanier anzuwenden. Für Teller könnte man dann einen Stempel aus der bekannten elastischen Mischung von Syrup und Leim anwenden, den man auf die durch eine Walze mit Firniß versehene Holzschnittplatte aufsetzte und auf das Geschirr abdruckte.

Was von Malerei mit dem Pinsel ausgeführt wird, beschränkt sich auf Reifen und Arabesken, die durch die unzählbaren Wiederholungen dem Arbeiter ganz mechanisch geworden sind.*)

Sollen nun diese so bedruckten Geschirre gleichmäßig mit Glasur überzogen werden, so ist es vor allen Dingen nöthig, den Firniß vollständig zu entfernen, der das Anlegen der Glasur an die bedruckten Stellen unbedingt verhindern würde. Es bedarf zu dessen Zerstörung durch Erhitzen einer so geringen Hitze, daß man sich ziemlich allgemein des nachstehenden Apparates bedient, dem die englischen Arbeiter dem Namen „Davy" (zu Ehren des berühmten Naturforschers?) gegeben haben. Aus Backsteinen ist eine niedrige, fast quadratische Kammer construirt, die mit einem flachen Gewölbe versehen ist, das eine weite Oeffnung in der Mitte und vier engere in den Ecken hat. Die Kammer wird mit dem bedruckten Geschirr möglichst dicht besetzt. Es bleibt nur ein schmaler Raum unmittelbar vor der Einsatzthüre frei, in welchen ein kleiner eiserner Ofen auf zwei Eisenschienen eingefahren werden kann, der mit kleinen Koaksstücken, den sogenannten Cinders, gefüllt und in voller Gluth ist. Er kommt gerade unter die mittelste Oeffnung zu stehen, aus der nun beim allmäligen Steigen der Temperatur ein dicker, schwar-

---

*) Sind hierzu Kobaltfarben angewendet und bringt man in die Kapseln eine Schicht von Chlormetallen, z. B. Kochsalz oder Chlorbrei, so bewirkt man dadurch eine theilweise Verflüchtigung des Kobaltoxydes, ein Verschwimmen der Contouren und man erhält so das vielbeliebte Flying Blue.

zer Oelqualm entweicht. Ist die Temperatur so hoch gestiegen, wie es zur vollständigen Zerstörung des Oels nothwendig ist, so schmilzt eine Bleistange, welche bisher den Deckel über der mittelsten Zugöffnung gestützt hat, so daß der Zug hier plötzlich unterbrochen wird. Das ziemlich bedeutende Gewicht des Deckels bewirkt in demselben Moment durch Hebelverbindung das Aufspringen der vier Klappen, welche die kleinen Eckschornsteine bisher bedeckt hielten, der rückständige Oeldampf zieht hierdurch ab, während die Cinders im Ofen verlöschen. Nach dem rasch erfolgenden Erkalten wird ausgefahren und glasirt.

Zwei dem Steingut besonders eigenthümliche Verzierungen sind das Marmoriren und die Metalllüstres. Ersteres kann auf verschiedene Weise geschehen. Einerseits soll man auf einen durch Thonzusatz ziemlich dickgemachten Leinsamenschleim verschiedene mit Firniß abgeriebene Farben mittelst eines Pinsels oder einer Bürste auftragen und in marmorartigen Zeichnungen verbreiten. Indem man die Geschirre vorsichtig eintaucht, erhalten sie ähnliche Ueberzüge, wie sie durch eine analoge Manipulation bei den bunten Papieren dargestellt werden. Relata refero. Eine andere Methode, die ich selbst gesehen, besteht darin, daß auf die Geschirre, die mit Wasser angemachten Farben mit dem Pinsel aufgespritzt und dann durch Neigen der Geschirre auf verschiedene Weise vertheilt werden. Auch kann man die verschiedenen Farbenschlempen in ein Gefäß mit verschiedenen Abtheilungen einfüllen, die ein gemeinsames Ausgußrohr besitzen, aus dem man die gemengten Farben auf die verglühten Geschirre gießt.

Die Metalllüstre's lassen sich nur auf einer stark bleiischen Glasur hervorbringen und bestehen in unendlich dünnen metallischen Ueberzügen, die durch Aufpinseln einer Metalllösung und nachträgliches Erhitzen erhalten werden.

Zum Goldlüstre wendet man eine möglichst neutrale Auflösung von Chlorgold an, die außerdem etwas Zinnchlorid enthält. Man bereitet sie am besten durch gleichzeitiges Auflösen von etwa 30 Grammen Gold und 4 Grammen Zinn in Königswasser, reibt sie mit Leinölfirniß und Terpentinöl innig zusammen und trägt diese Masse gleichförmig auf die glasirten Geschirre auf. Platinlüstre und Silberlüstre werden fast ganz ähnlich bereitet, nur daß beim Silber natürlich die salpetersaure Verbindung in Anwendung kommt.

Mischt man zu einem sehr bleihaltigen Flusse außerdem noch Wismuthweiß (basisch salpetersaures Wismuth) und Chlorsilber, reibt alles fein und mischt es mit Firniß, so erhält man damit den sogenannten Kupferlüstre,

der die Flügeldecken mancher Käfer nachahmt. Die so überzogenen Geschirre werden in eine Muffel eingesetzt, und, wenn die Schmelzhitze der Glasur erreicht ist, durch Einwerfen von Leder die Reduction der Metalle bewirkt. Beides kann beim Platinlüstre wegfallen, der auch auf Glas und Porzellan anwendbar sein soll. Das Platinchlorid wird zu diesem Ende in absolutem Alkohol und Terpentinöl aufgelöst, und, nachdem bei mäßiger Hitze die Reduction erfolgt, das Platin durch schärferes Erhitzen fixirt. Man empfiehlt diese Methode zum Schwärzen von Mikroscoptheilungen und zur Erzeugung von Spiegeln, die den Metallspiegeln in Nichts nachstehen sollen. Um denselben indessen die gehörige Undurchsichtigkeit zu verleihen, ist es nothwendig, beide Seiten des Glases zu verplatiniren. Mattes Porzellan soll hierdurch das Aussehen von Gußeisen erhalten.

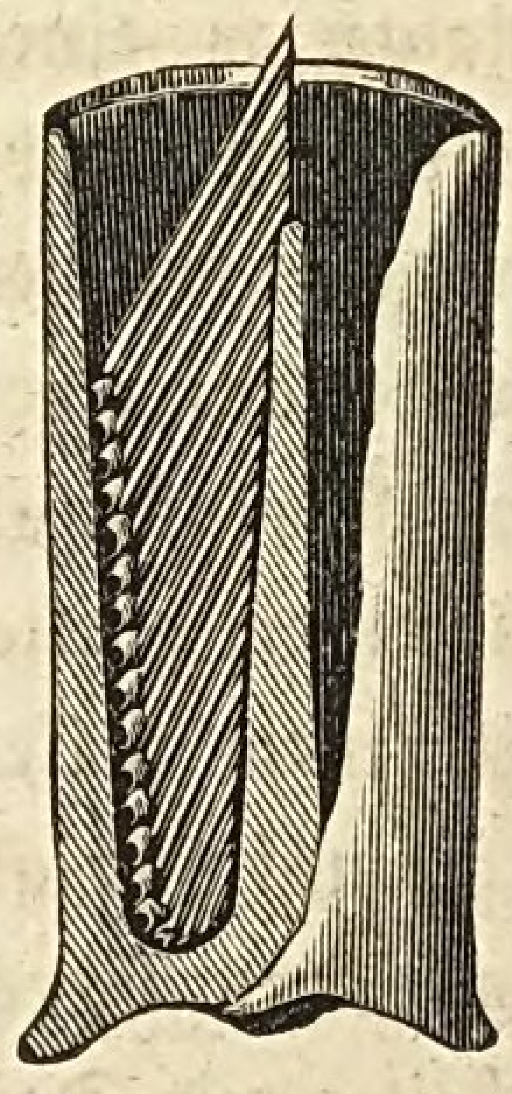
Die Thonpfeifen gehören dem Charakter ihrer Masse nach zu dem Steingut, nur daß sie nicht glasirt sind, und mögen deßhalb hier mit erwähnt werden. Ihre Fabrikation war früher eine sehr ausgedehnte und wurde in Holland und dem nordwestlichen Deutschland sehr schwunghaft betrieben. Thonpfeifen dienten im vorigen Jahrhundert ausschließlich als Rauchapparate und finden sich z. B. auf den Bildern der niederländischen Genremaler häufig genug angewendet. Die leichte Zerbrechlichkeit derselben, außerdem die Sitte, daß von wohlhabenden Leuten die Pfeifen meistens nur 2 — 3mal gebraucht und dann weggeworfen wurden, begründeten einen ausgebreiteten Absatz derselben.

Jetzt ist die Fabrikation durch das Aufkommen der Drechslerpfeifen und endlich durch die fast ausschließliche Herrschaft der Cigarre kläglich heruntergekommen. Deutschland, das Land des Rauchens, consumirt fast kein Stück Thonpfeife mehr. Nur in Frankreich und England bedienen sich die niederen Volksklassen noch der importirten deutschen Pfeifen, conserviren dieselben aber sorgfältig. Manche suchen ihren Stolz darin, eine besonders schwarz gerauchte Thonpfeife zu besitzen. Erst in der neuesten Zeit ist es einem industriellen Kaufmann in Uslar, Herrn Bolte, gelungen, die dort gefertigten Thonpfeifen in großen Mengen nach Amerika und Westindien als Negerpfeifen abzusetzen, freilich zu einem unerhört niedrigen Preise, 3 Pfeifen für 1 Pfennig. Dem entsprechend muß die Erzeugung derselben eine sehr einfache sein. Ich gebe sie nach eigner Anschauung in einer Fabrik in der Nähe von hannövrisch Münden.

Der dazu angewendete Thon ist ein sehr fetter und reiner plastischer Thon, der obwohl im rohen Zustande von gelbgrünlicher Farbe, sich im

Feuer doch ganz weiß brennt und sehr feuerbeständig ist. Derselbe wird durch Einsümpfen, Treten mit den Füßen, Zusammenschlagen zu einem Haufen und Durchschneiden mit dem oben beschriebenen Thonmesser zubereitet. Der Arbeiter nimmt dann einen zu einer Pfeife gerade ausreichenden Klumpen und welgert die eine Hälfte desselben durch Rollen auf einem Brette zum Pfeifenrohre aus, während am andern Ende das Kopfstück als ein runder Knopf stehen bleibt. Er rangirt diese Welger auf einem glatten Brette und übergiebt sie dem zweiten Arbeiter, der sie mit einem steifen, gutgeölten Stahldrahte durchbohrt. Die Spitze desselben ist stumpf und abgerundet, durchdringt aber den weichen Thon leicht genug, um das Durchbohren sehr rasch zu bewerkstelligen. Dadurch, daß der Arbeiter mit Daumen und Zeigefinger der linken Hand, auf welcher die Pfeife ruht, dieser Spitze beständig folgt, wird das Durchstoßen der Thonwand nach außen vermieden. Der Arbeiter führt den Draht nur bis auf etwa 1 Zoll von dem Ende des Rohrs und übergiebt sie nun mitsammt dem Draht dem Presser. Dieser legt sie in eine zweitheilige messingne Form, in der die Gestalt der fertigen Pfeife, die etwa angebrachten Ornamente ꝛc. ausgearbeitet sind, und bildet, nachdem dieselbe geschlossen, durch Eindrücken eines eichelförmigen Messingstempels die Höhlung des Kopfes aus. Alle diese Theile sind gut geölt zu erhalten. Ist der erwähnte Stempel entfernt, so wird noch in der Form der Drath bis in die Kopfhöhlung vorgeschoben, dann herausgezogen und dem zweiten Arbeiter zurückgegeben, der natürlich mit mehreren Drähten der Art versehen ist. Die Pfeifen kommen nun zum oberflächlichen Uebertrocknen. Sobald sie soweit erhärtet sind, daß sie sich nicht mehr so leicht verziehen, entfernt ein vierter Arbeiter durch Schaben mit einem Messer die Näthe, polirt die Pfeife durch Reiben mit einem Tuch oder geöltem Leder und giebt durch Auflegen auf ein gebogenes Brett dem Stiele die oft gewünschte leichte Biegung. Nach dem völligen Trocknen werden die Pfeifen gebrannt, was man auf sehr verschiedene Weise vornehmen kann. Am besten ist wohl ein kreisrunder Ofen, dessen Sohle mit Spalten versehen ist, die indessen nicht so weit sein dürfen, um das Durchfallen der Pfeifen zu erlauben. Unmittelbar unter der Sohle befindet sich die Feuerung, die mit Holz geschehen muß, um die weiße Farbe der Pfeifen zu erhalten. Das Gewölbe ist mit symmetrisch vertheilten Abzugsöffnungen für die Flamme versehen. Die Pfeifen werden mit dem Knopfe nach unten um einen in der Mitte des Ofens aus Mauerwerk errichteten Kegel herum aufgesetzt, bis der Ofen gefüllt ist. Man kann dieselben auch bei Steinkohlenfeuer, dann aber nur in Kapseln brennen, deren Construktion aus Zeichnung 97. hervorgeht.

Fig. 97.



Kapseln mit Thonpfeifen.

Der obere Boden wird aus Papier gebildet, das mit einer Lehmschicht bedeckt wird. Um das unangenehme Haften der Mundstücke an den Lippen zu beseitigen, was mit der Porosität des Thones zusammenhängt, versieht man dieselben wohl auch hinterher mit einem glasartigen Ueberzuge von sehr leichtflüssiger Glasur, die schon über der Lichtflamme oder einem Kohlenfeuer eingeschmolzen werden kann. Nach einer andern Methode reibt man sie mit einer heißen Mischung von Wachs, Tragantschleim und Seife ein und glättet diesen Ueberzug mit einem wollenen Tuche.

Hierher gehören auch die kleinen, sogenannten türkischen Pfeifenköpfe von rothem Thon, die in Wien gefertigt werden und in der Türkei einen großen Absatz finden. Sie bestehen aus einer sehr eisenreichen Masse, die meistentheils sehr sorgfältig in Gypsformen ausgeformt und häufig mit Goldringen verziert wird, die natürlich in der Muffel eingebrannt werden.

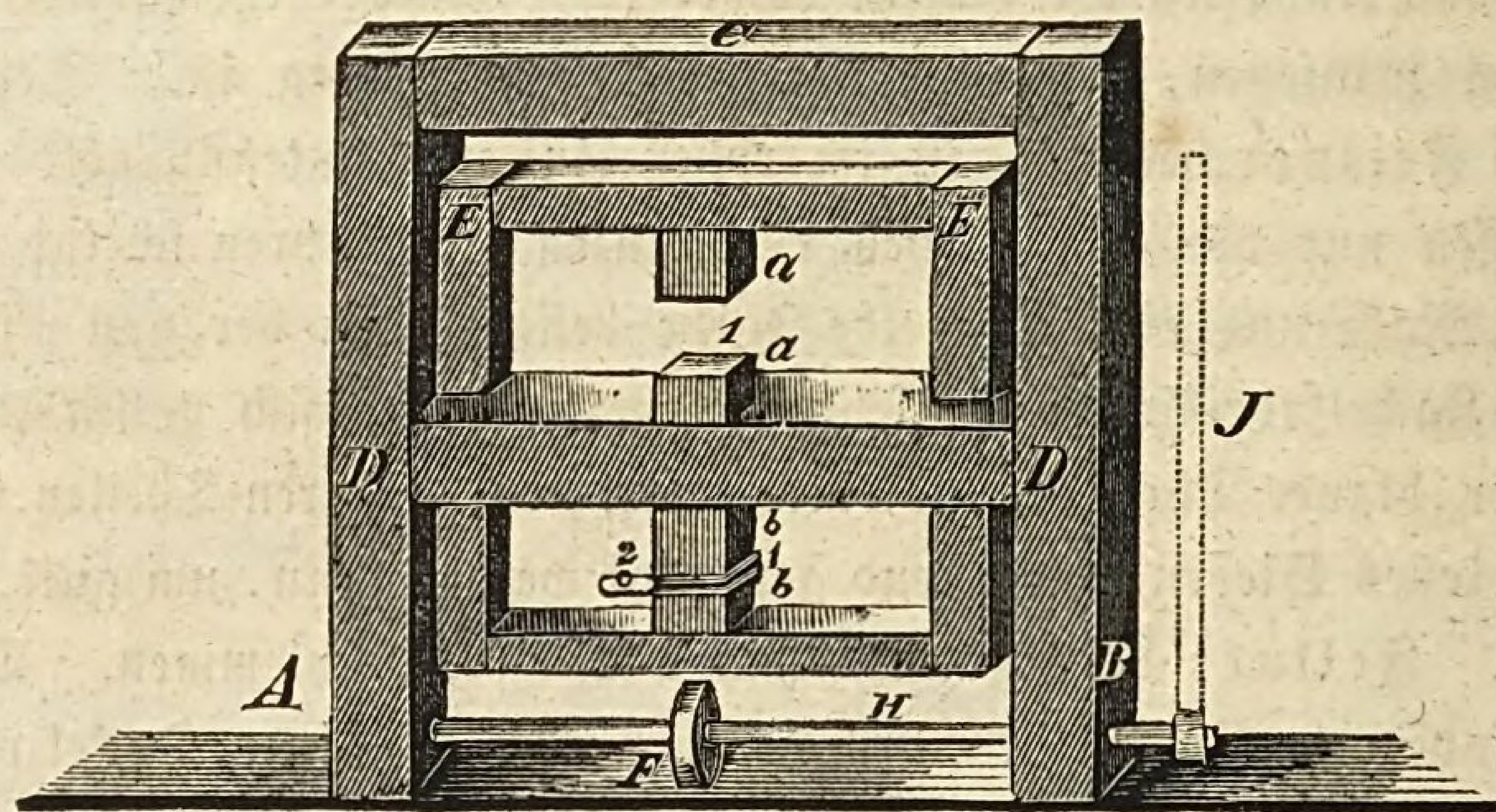
Ofenkacheln. Ein sehr wichtiger Artikel der Töpferei, besonders in Norddeutschland sind die Ofenkacheln. Es ist dies ein sehr alter deutscher Industriezweig, wie dies z. B. die alterthümlichen grünen und braunen Kachelöfen auf der Nürnberger Burg beweisen. Unglasirte Kacheln werden heut zu Tage nur noch in den Wohnungen der niedern Klassen, buntglasirte beim wohlhabenden Bauer angewendet. Alle diejenigen, welche auf Comfort und elegantes Aussehen der Wohnungen etwas geben, ziehen ausschließlich die weißglasirten Kachelöfen vor. Es ist ein kaum in einem Lehrbuche erwähnter Umstand, daß gerade bei den weißen Kacheln zwei verschiedene Arten existiren, welche bei strenger Einhaltung der Systematik einerseits zu dem feinen, andererseits zu dem gemeinen Fayence rangiren würden. Die sogenannten Begußkacheln gehören streng genommen zum Steingut, indem sie aus einer weißen erdigen Masse gefertigt und mit durchsichtiger Bleiglasur überzogen werden. Die Schmelzkacheln dagegen, welche als die vorzüglichere Sorte anerkannt sind und gewöhnlich unter dem Namen Porzellankacheln verkauft werden, gehören ihrer Glasur nach, die durch Zinnoxydzusatz undurchsichtig gemacht ist, zum eigentlichen Fayence, das sie in der jetzigen Industrie fast allein repräsentiren. Diese letztere Sorte wird in verschiedenen Berliner Fabriken, besonders aber in der altberühmten Fabrik von Feilner in seltner Vollkommenheit gefertigt. Der Verfasser hat daselbst Gelegenheit gehabt, die Art der Darstellung genau kennen zu lernen und sie spä-

ter selbst versuchsweise auszuführen. Als Masse wird ein feiner plastischer Thon angewendet, der indessen weder sehr feuerbeständig, noch sehr weiß nach dem Brennen zu sein braucht, daher Eisen und Kalk enthalten kann. Es ist eine vielleicht nicht ganz ungegründete Ansicht, daß die Gegenwart von Kalk das Anhaften der Glasur befördert. Einige gehen soweit, selbst Kalkmergel zuzusetzen, was indessen keinesfalls nöthig ist. Der Thon, dessen sich Feilner bedient, ist im rohen Zustande intensiv gelb gefärbt, was indessen nur von organischen Substanzen herzurühren scheint, da die gebrannte Masse nur eine lichtgelbe Farbe besitzt. In der von mir früher geleiteten Kachelfabrik wird ein sehr feuerbeständiger, sich vollständig weiß brennender, blauer Thon benutzt, der so frei von gröberen Theilen ist, daß er durch bloßes Sieben hinreichend gereinigt werden kann, um gute Kacheln zu liefern. Feilner ist genöthigt seinen Thon zu schlemmen. Dies geschieht, indem er ihn in einem liegenden, aber durch einen Deckel verschlossenen Troge durch eine mit hölzernen Daumen versehene Welle aufrühren läßt, während beständig ein langsamer Strom von reinem Wasser zugeleitet wird. In demselben Maaße fließt auch die erhaltene Schlempe durch einen Einschnitt in der Hinterwand ab und sammelt sich in großen gemauerten Bassins, in denen sich der feine Thon absetzt, worauf man das klare Wasser abfließen läßt. Der Rückstand wird in flachen Trockenbassins und nöthigenfalls durch Abdampfen zur nöthigen Consistenz gebracht. Die Zusätze von Sand, welche in den meisten Lehrbüchern empfohlen sind, erscheinen nicht nöthig, indem die dünnen Platten, aus denen die Kacheln bestehen, so leicht nicht reißen und springen, und weil ferner die Masse schon durch die Verarbeitung im möglichst dichten Zustande ein geringes Schwindemaaß erhält. Die durch das Verziehen etwa entstandenen Unebenheiten werden durch das unten zu erwähnende Schleifen am besten beseitigt, und bei dieser Operation würde gerade der Sand, wenn er nicht äußerst fein wäre, verschiedene Unannehmlichkeiten bieten. Wo indessen ein sehr weißer Sand oder noch besser ein magerer kaolinartiger Thon zu Gebote steht, kann man dieselben im Verhältniß von $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ mit Vortheil zusetzen. Der so erhaltene Thon wird nun entweder durch einen Thonschneider oder durch Abschneiden von Spänen und Zusammenballen derselben möglichst consistent und gleichmäßig hergestellt. Die Masse darf nicht zu viel Wasser enthalten und wird in einem compacten Zustande verarbeitet, der der Kachelfabrikation eigenthümlich ist.

Das Formen der Kacheln geschieht bei Feilner mittelst einer doppelt wirkenden Presse von sehr einfacher Construction, aber sehr guter Wirkung (s. Fig. 98 a.)

Denke man sich ein festes, im Boden befestigtes Gerüst ABC mit zwei Seiten-, einem obern und einem in der Mitte befindlichen Querbalken D D. Durch Oeffnungen in den letztern gehend und durch Leitschienen nöthigenfalls

Fig. 98. a.

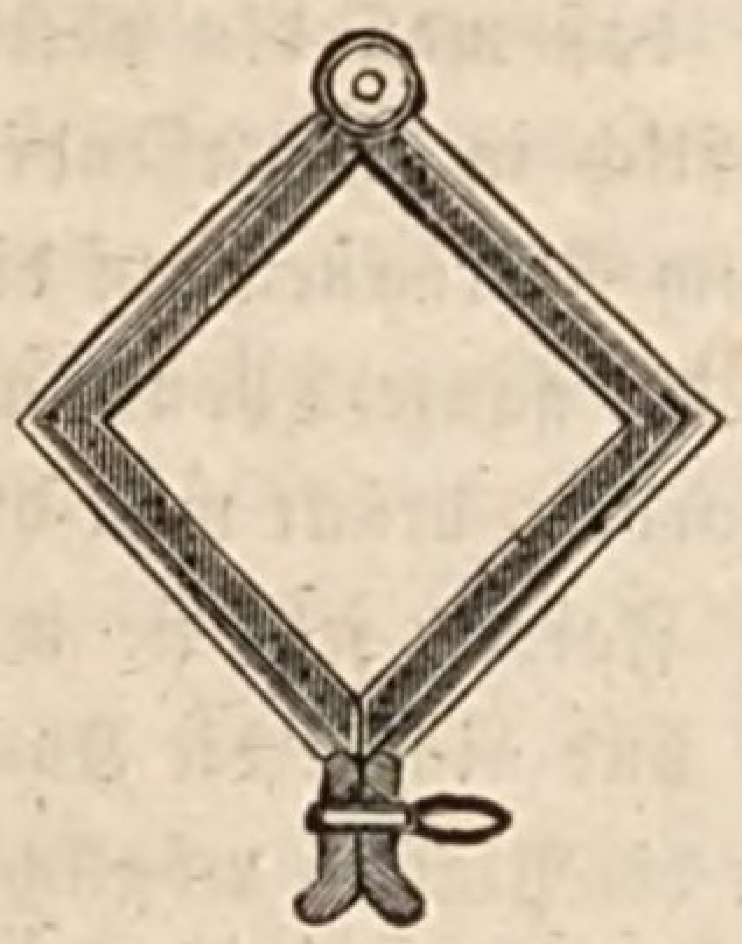


Feilner'sche Kachelpresse, in perspektivischer Ansicht.

gehalten, bewegt sich innerhalb dieses Gerüstes der Rahmen |E E, indem er durch ein Excentricum F, das an der Welle H sitzt, gehoben oder gesenkt werden kann. Diese Welle wird wieder durch einen langen hölzernen Hebel I gedreht, der nach rechts oder links umgelegt werden kann und dadurch eine bedeutende Kraftentwicklung ermöglicht. An dem Querbalken D D, ist der Untertheil a' der oberen und der Obertheil b der untern Kachelpresse befestigt. An dem gleitenden Rahmen dagegen der Obertheil a der obern und der Untertheil b' der untern Form. Die seitlichen Theile der Form werden durch zwei im rechten Winkel gebogene Schienen gegeben, die an dem Drehungspunkt 1, einerseits auf den Querbalken D D, andererseits auf dem untern Balken des Rahmens befestigt sind. Sie können bei 2 durch Eingreifen eines Klinkhakens leicht und fest verbunden werden und zeigen sich in Fig. 98 b in etwas vergrößertem Maaßstabe. Soll nun das Pressen vor sich gehen, so breitet der Arbeiter auf einer ebenen Blechtafel von der Größe der Kacheln zuerst ein angefeuchtetes Leinwandstück und auf dieses eine ziemlich dicke Schicht der Thonmasse aus, die nicht allein zur Formung des sogenannten Blattes der Kachel, sondern auch zur Bildung des aufstehenden Rumpfes dient, mittelst dessen später das Aufstellen der Kacheln bewirkt wird. Dieses so beschickte Blech wird dann auf eins der Untertheile a oder b geschoben, die Seitenformstücke darumgelegt und geschlossen und dann der Hebel umgelegt. Dadurch erfolgt ein sehr kräftiges Schließen der einen Form, während die andere durch dieselbe Bewegung geöffnet wird,

so daß man die fertige Kachel nach dem Zurückschlagen des Seitenstücks entfernen kann. Fig. 98 c zeigt diese Theile im Moment des Pressens.

Fig. 98 b.

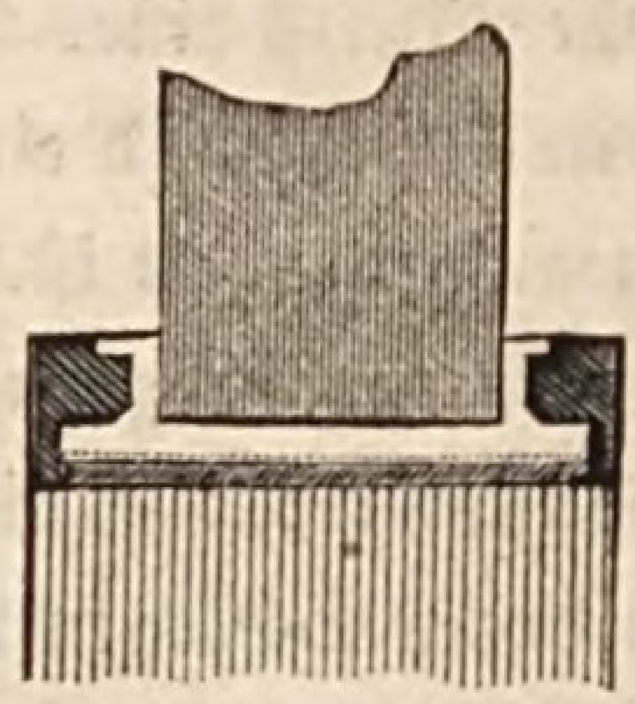


Die Seitentheile der Form von oben.

Fig. 98 e.

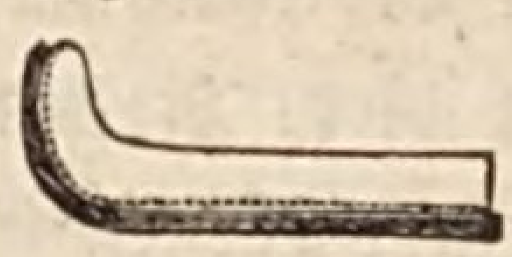


Fig. 98 c.



Senkrechter Durchschnitt der pressenden Theile.

Fig. 98 d.



Anfertigung der Eckkacheln.

Selbst die sonst schwierig anzufertigenden gebogenen Eckkacheln werden mittelst dieser Presse angefertigt, das Unterlagsblech ist alsdann gleich in dieser Art gebogen und der zu erzielende Winkel wird schon beim Einlegen des Thons in Rechnung gezogen, indem die Masse an dieser Seite dicker aufgelegt wird. S. Fig. 98 c. Mittelst einer solchen Presse erhält man sehr schöne glatte Kacheln, und ihre tägliche Production ist sehr beträchtlich.

Der sogenannte Rumpf der Kachel wird beim Setzen des Ofens meistens mit Dachziegelstücken und Lehm ausgefüllt. Da die Platte etwas übersteht und demnach zwei aufeinander gestellte Kacheln etwa den folgenden Querschnitt Fig. 98 e. bieten, so wird die senkrechte Stellung, die sicherere Verbindung dadurch erreicht, daß man in den Raum a Ziegelstückchen und Lehm hineindrückt, bis die Flächen der Kacheln eine gerade senkrechte Linie bilden.

Zu complicirteren Formen ist die Anwendung der Handarbeit erforderlich. In anderen Kachelfabriken wird auch bei den geradflächigen, quadratischen Kacheln diese Methode in Anwendung gebracht. Die Platten werden hierbei aus Schwarten geformt, die man aus einem massiven Thonblock mit einem Drahte schneidet. Man bildet denselben aus einzelnen Thonklumpen durch Aufschlagen und Kneten mit der Hand und erzielt die Gleichmäßigkeit der daraus geschnittenen Schwarten durch Anlegen der sogenannten Blätterstäbe, welche genau so hoch sind als die Kachelplatten dick werden sollen. Die Rümpfe werden auf der Drehscheibe aus einem

großen Thonballen angefertigt, den man zuerst oben zu einer Spitze auszieht, woraus durch Einsetzen der Daumen, durch Auseinanderziehen der Hände und durch Drücken zwischen Daumen und Zeigefinger endlich ein Ring erhalten wird, dessen Stärke man dadurch egalisirt, daß man den obern Rand nach außen umschlägt. Nachdem derselbe schließlich in der passenden Höhe mittelst eines Drathes abgeschnitten, wird er zum Abtrocknen auf die Seite gestellt und eine neue Operation begonnen, bis der ganze Thonklumpen aufgebraucht ist. Sobald der Thon lederhart geworden, drückt man die erhaltenen unregelmäßigen Ringe in die quadratische Form, setzt sie mit Thonschlicker auf die gehörig zugeschnittenen Platten und richtet die Kanten durch Schlagen mit einem geraden Holze zu. Um die Platten möglichst eben und glatt zu erhalten, ist es gut dieselben außerdem auf einer geschliffenen Marmorplatte nachzuschlagen. Ist dies geschehen, so bringt man sie zum völligen Abtrocknen in den Trockenraum, welcher am besten durch die Wärme des Brennofens geheizt wird. Nach dem Trocknen folgt das Schleifen. Man bedient sich dazu eines ebenen Granitsteins, der mit trocknem Sand bestreut wird und auf welchem man die lufttrocknen Kacheln mit einer drehenden Bewegung unter gelindem Drucke so lange herumführt, bis sie eine vollständig ebene, nur schwach gefurchte Oberfläche zeigen. Das hierdurch erzeugte feine Korn befördert sehr das nachherige Anhaften der Glasur. Da sich indessen die Kacheln beim ersten Brennen immer etwas wieder verziehen, so wird für feinere Sorten das Schleifen nach dem Brennen in Anwendung gebracht. Man bedient sich zu dieser bedeutend langwierigeren Operation eines feinkörnigen, sehr ebenen Sandsteins, der schon für sich ohne Anwendung von Sand hinreichend angreift.

Bei den Begußkacheln folgt nach dem Abschleifen das Begießen mit einer Schlempe von sehr weißem Thone, der unter dem Namen Meißner Thon bekannt ist. Nur durch empirisches Probiren, Beobachtung des Punktes, wo die Kachelmasse richtig abgetrocknet ist, und Abänderungen in der Zusammensetzung gelingt es Ueberzüge zu erhalten, die sich beim Trocknen und Brennen von der Unterlage nicht losreißen. In der Reihenfolge der Operationen folgt nun das Verglühen, dann erst das Glasiren und Einbrennen der Glasur. Da indessen allgemein die rohen und die glasirten Geschirre in einem und demselben Ofen und zu gleicher Zeit gebrannt werden, so mag hier vorher noch die Operation des Glasirens beschrieben werden.

Für Begußkacheln wird die einfache durchsichtige Bleiglasur angewendet, deren ich schon bei Steingut Erwähnung gethan und die aus Mennige,

Sand, Borax, Soda in wechselnden Verhältnissen besteht. Bei den Schmelzkacheln dagegen tritt noch Zinnoxyd hinzu, das der Glasur die nöthige Weiße und Undurchsichtigkeit verleiht. Die Darstellung dieser sogenannten Schmelzglasur in vollkommener Schönheit ist durchaus nicht leicht, und als erster Grundsatz dabei muß die absolute Reinheit der Materialien betrachtet werden. Die Feilner'sche Fabrik in Berlin wendet daher auch reinstes spanisches Blei und englisches Lammzinn und zwar in dem Verhältnisse von 100 Theilen zu 50 Theilen an. Sie erhält dadurch eine zwar schwieriger schmelzende, aber schon in dünnen Schichten deckende Glasur von vollkommener Schönheit und Weiße. Man schmilzt die gedachten Metalle in Quantitäten von mehreren Centnern in einer eisernen länglichen Pfanne ein, die von unten geheizt und mit einem gemauerten Gewölbe überspannt ist. Sehr gut ist es, dieses Gewölbe mit einem gut ziehenden Schornsteine in Verbindung zu setzen, wodurch einerseits mittelst des entstehenden lebhaften Zuges die Oxydation gefördert, andererseits die Arbeiter vor den schädlichen Bleidämpfen bewahrt werden, die sonst bei der langen Dauer der Arbeit unfehlbar eine Bleikolik zur Folge haben würden. Die Legirung von Blei und Zinn oxydirt sich bei schwacher Glühhitze sehr rasch und zwar rascher als jedes der einzelnen Metalle, wahrscheinlich wegen der prädisponirenden Affinität der Zinnsäure zum Bleioxyd. Während der Operation muß das Feuer sorgfältig regulirt und das sich bald mit einer Oxydschicht bedeckende Metallbad fleißig umgerührt werden. Man hat dazu kleine, halbmondförmige eiserne Krücken, die mit vielen Löchern von etwa ½ Zoll Weite durchbohrt sind, was die Operation des Durchrührens sehr erleichtert. Unterläßt man dies nur kurze Zeit oder steigt die Temperatur nur etwas zu hoch, so kann das erzeugte Oxyd zu Kügelchen züsammensintern, die sich dann sehr schwer zertheilen lassen. Es ist eine praktische Erfahrung, daß die Oxydation bei weitem schneller vor sich geht, wenn man das Oxyd auf dem Metalle schwimmen läßt, als wenn man es von Zeit zu Zeit entfernt. Wahrscheinlich, daß es schwammartig Metalltheilchen einschließt, welche in dieser Mischung fein vertheilt, der Oxydation eine sehr große Oberfläche darbieten. Hierauf deutet auch das heftige Erglühen der Masse, wenn sie den gehörigen Hitzegrad erlangt hat. Nur die ersten Portionen des Oxyds werden entfernt, indem sie meist durch Spuren fremder Metalle, sowie durch das aus der Pfanne herstammende Eisenoxyd verunreinigt sind. Hierauf wird mit der Oxydation fortgefahren, bis die letzte Spur von Metall verschwunden ist, und das Oxyd beim Abkühlen eine hellgraugelbe Farbe zeigt. Die Masse vergrößert dabei ihr Volumen fast um das dreifache, weshalb bei

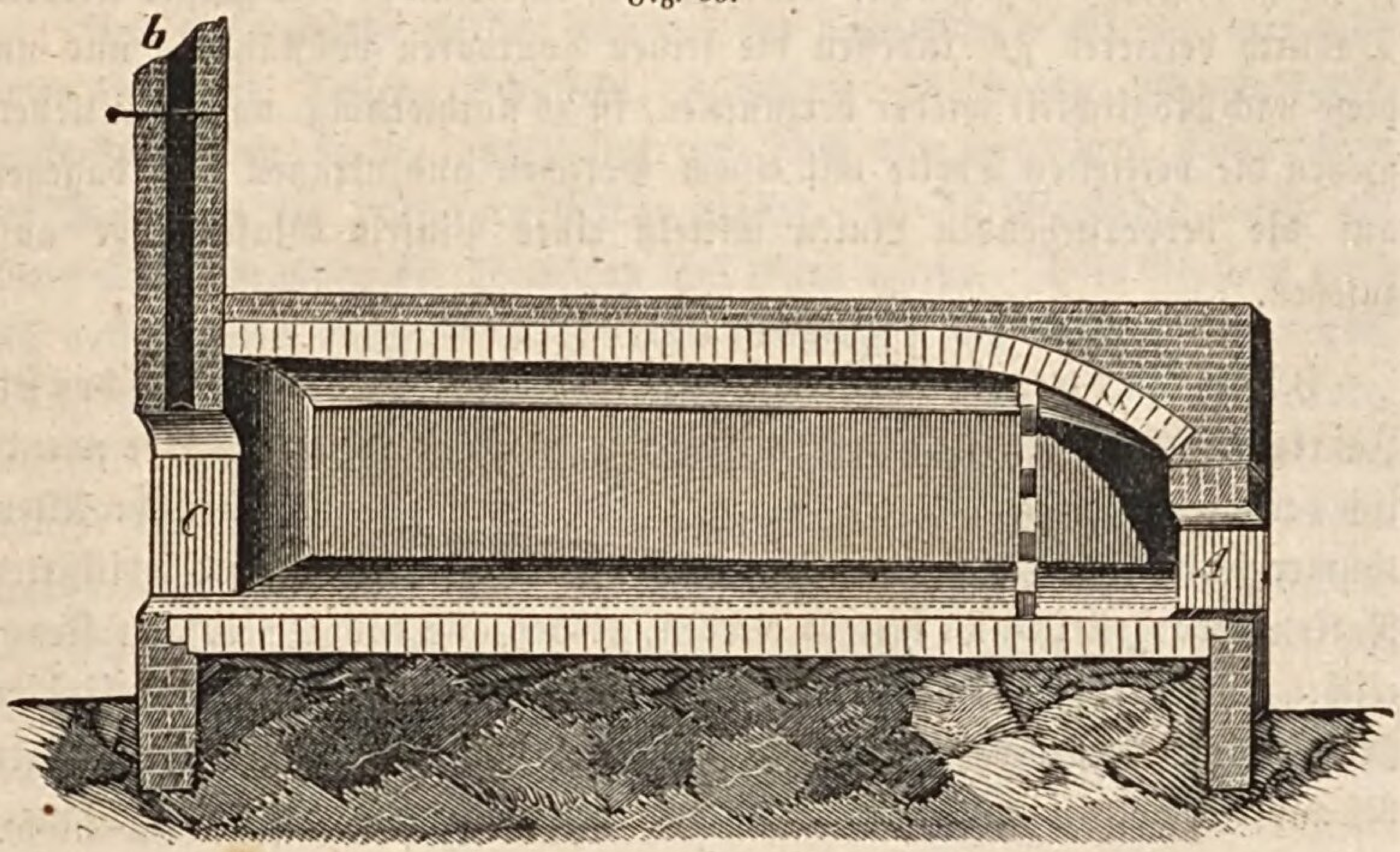
der Construction der Muffel darauf Rücksicht genommen werden muß. Die so erhaltenen Oxyde werden zuerst gesiebt und dann erst gemahlen. Hierbei drücken sich beigemengte Metalltheilchen platt und bleiben bei ihrer größeren specifischen Schwere auf dem Boden des Gefäßes liegen, während die Oxyde abgeschlemmt werden. Man läßt sie ruhig absetzen und trocknen. Der zuzumengende Sand muß frei von Eisen und hinreichend fein gemahlen sein, ebenso dürfen nur gereinigte Soda und Borax angewendet werden.

Auf 100 Th. der gemengten Oxyde werden 100 Th. Sand, etwa 16 Th. calcinirte Soda, 6 Th. Kochsalz und 15 Th. Mennige angewendet. Letztere soll durch ihren überschüssigen Sauerstoff die etwa rückständigen Metalltheilchen, sowie das vorhandene Zinnoxydul nachträglich oxydiren. Ohne diesen Zusatz kann es leicht geschehen, daß man statt einer weißen schwarze Glasur aus dem Ofen bekommt. Das so erhaltene Glasurgemenge wird im Brennofen (bei Feilner in einem besonderen Ofen) in flachen mit Kreide ausgestrichenen Näpfen geschmolzen und die gesinterte grünlich weiße Masse dann gepocht und auf's feinste naß gemahlen.

Man faßt die verglühten Kacheln an der einen schmäleren Seite des Rumpfes an, und übergießt die Platte, am oberen Rande hinfahrend, mit der erhaltenen Glasurbrühe. Man dreht sie alsdann herum und wiederholt dieselbe Operation auch von der anderen Kante aus. Die Consistenz der Glasurbrühe muß so gewählt werden, daß dadurch eine hinreichend dicke, gleichmäßige Schicht Glasur erzeugt wird. Die Glasurbrühe wird am besten in einem eisernen Kessel, gut zugedeckt, aufbewahrt, und das Wasser durch Abschöpfen des über Nacht geklärten und Aufgießen von neuem frisch erhalten. Hierdurch allein lassen sich die so störenden Blasen vermeiden, die von einer anfangenden Fäulniß des Wassers herrühren. Das Einbrennen erfolgt in einem liegenden gewöhnlichen Töpferofen, der sich für diese Art Brand am besten bewährt hat (s. Fig. 99). Der innere Raum desselben ist c. 18 Fuß lang, 6 Fuß breit und 5 Fuß hoch. In der vorderen Wand sind 3 einfache Feuerungen A ohne Rost ausgespart, und an der hinteren Seite führt die breite Esse b die erhitzten Gase ab. Unmittelbar unter dem Schornstein oder in einer der Seitenwände ist eine Thüre C zum Einsetzen angebracht. Die Feuerung kann zweckmäßig nur mit Holz betrieben werden, da eine rasch steigende Hitze, eine klare, rauchfreie Flamme besonders bei den glasirten Kacheln unumgänglich nothwendig erscheint. Kapseln zum Einsetzen der Kacheln sind nicht gebräuchlich. Dagegen werden die glasirten Kacheln durch rohe Kacheln von allen Seiten eingeschlossen.

Zu diesem Ende setzt man von den 3 Feuerungen aus mittelst Backsteinen Feuergassen bis an das Ende des Ofens, die nach dem Rauchfange zu dicht geschlossen und so weit sind, daß man ein Holzscheit beqnem bis an's Ende

Fig. 99.



Töpferofen (auch zum Kachelbrennen).

durchschieben kann. Darüber kommt nun zuerst eine Lage von sogenanntem Wrack d. h. Kachelscherben, besser noch von Ziegeln, die zugleich mit gebrannt werden. Ganz ähnlich schützt man auch die vorderen Theile des Ofens, die der Feuerung zunächst liegen. Hierauf setzt man nach den Wänden zu Reihen roher Kacheln, die durch Andrücken von Thonbällchen an die Rümpfe festgestellt werden. Nach dem Centrum zu endlich kommen die glasirten Kacheln zu stehen. Jede Schicht wird mit Thonplatten verdeckt, deren verbrochene Ecken runde Löcher zum Durchschlagen der Flammen bilden. Ein Brand dauert, die Zeit des Anwärmens mit eingerechnet, etwa 20 Stunden. Um Brennholz zu sparen, kann man einen zweiten Ofen unmittelbar auf den ersteren aufsetzen, der durch die abziehende Flamme des unteren vorgewärmt wird. Ist der untere Ofen gaar, so wird derselbe abgesperrt, die Feuerungen des oberen geöffnet, und von dort aus fertig gebrannt. Der Schornstein kommt dann natürlich auf die Stirnseite des unteren Ofens zu stehen. Schlägt endlich die Flamme klar und leuchtend aus der Essenöffnung heraus, ist, wie der Töpfer sagt, der Fuchs gekommen, so verschließt man dieselbe und läßt die im Ofen enthaltene warme Luft in den Trockenraum strömen. Nach völligem Erkalten setzt man die fertig ge-

brannten Kacheln aus, die rein milchweiß, ohne Flecken und allzugroße Haarrisse sein müssen.

Bei besonders kostbaren Oefen werden häufig verzierte Ecken, Simse, ja ganze Figuren angebracht, die natürlich auf analoge Art glasirt werden. Dadurch verlieren sich indessen die feinen Contouren vollständig, und um diese nach Möglichkeit wieder herzustellen, ist es nothwendig, nach dem Uebergießen die vertieften Theile mit einem Hölzchen auszukratzen und dagegen auf die hervorstehenden Linien mittelst eines Pinsels Glasurbrühe aufzusetzen.

B.I. 2) Die gewöhnlichen Töpferwaaren, wie sie vielleicht schon seit Jahrtausenden angefertigt werden, wie wir sie in Form und Farbe unendlich verschieden in den Museen für ägyptische, griechische und römische Alterthümer finden, und wie sie in der ganzen Welt von wilden und civilisirten Nationen dargestellt und benutzt werden, tragen alle das gemeinsame Kennzeichen einer erdigen, weichen, porösen und mehr oder minder gefärbten Masse, die entweder unglasirt, oder mit einer sehr bleireichen, durchsichtigen Glasur überzogen sind. Sie erhalten sich trotz ihrer zahlreichen Mängel durch die guten Eigenschaften im Gebrauch, daß sie selbst sehr plötzlichen Temperaturwechsel gut widerstehen, und daß sie zu einem äußerst billigen Preise hergestellt werden können. Die antiken Gefäße, obwohl in der Zubereitung der Masse theilweise noch unvollkommener als die heutigen Töpferwaaren*), tragen durch ihre gefällige Form, die schönen Contouren der darauf angebrachten einfachen Zeichnungen in künstlerischer Beziehung bei weitem den Preis über unsre plumpen Töpfergeschirre davon.

Als Material zu dieser Waare wird der gefärbte, kalk- und eisenhaltige Thon angewendet, der sich an sehr vielen Stellen der Erde, meist wenige Fuß unter der Oberfläche findet und den jüngsten Gebilden unsrer Erdrinde angehört. Nachdem er durch Ausgraben gewonnen, wird er am besten längere Zeit dem Froste ausgesetzt, der durch die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren, die harten Knollen sprengt und ein weiteres Zerfallen und Verwittern der Masse einleitet.

---

*) Eine bedeutend bessere Masse zeigen die aus der sogenannten Terra sigillata gefertigten Gefäße, die sich durch ein sehr dichtes, gleichförmiges, feines Korn und eine von Eisenoxyd herrührende, schön rothe Farbe auszeichnen. Sie sind oft mit kunstvollen, schwarzen Zeichnungen verziert, indessen meistentheils ohne alle Glasur.

Zur weiteren Verarbeitung wird derselbe nun mit Wasser angefeuchtet und durch Wegsetzen mit der Schaufel, Durchtreten mit bloßen Füßen, wobei etwaige Steine leicht zu fühlen sind, seltner durch Schneiden mit der Klinge formbar gemacht.

Aus dieser Masse werden nun auf der Töpferscheibe alle die gebräuchlichen Geschirre, Teller, Schüsseln, Kochtöpfe, Milchäsche, Blumentöpfe, Zuckerhutformen 2c. 2c. angefertigt und nach dem gehörigen Austrocknen der Waare an der Luft unmittelbar glasirt, da ein Verglühen, also ein zweimaliges Brennen der Waare zu viel kosten würde. Dies Glasiren wird fast ausschließlich durch Auftragen eines Gemenges von Thon und Bleioxyd, häufig auch von fein gepulvertem Bleiglanz, dem sogenannten Glasurerz, bewirkt. Die oft sehr rohen Verzierungen, Denksprüche 2c. werden auf der Glasur mit Pinsel und Schablone angebracht. Die hierzu angewendeten Oxyde, Smalte, Kupferoxyd, Braunstein 2c. werden mit Glätte zusammen gerieben und auf die rohe Glasur aufgesetzt. Bei den Geschirren, die außen unglasirt sind, wie Kochtöpfe 2c. wird der Glasurbrei hineingegossen und nach dem Umschwenken wieder ausgeschüttet. Andrerseits bedient man sich auch wohl des Anpinselns, oder man feuchtet das Geschirr bloß mit Wasser an und pudert die trocken gemahlene Glasur auf. Dieses letztere Verfahren ist durchaus zu verwerfen, da die unter den Töpfern so häufige und gefährliche Bleikolik die fast unausbleibliche Folge davon ist.

Das Bleioxyd verbindet sich mit der Kieselsäure des Thons zu einem Glase, das, falls nicht zu viel Bleiglätte genommen ist, den Angriffen der schwächeren Säuren hinreichend Widerstand leistet. Bleiglanz wirkt ganz analog, indem der Schwefel verbrennt. Das Bestreben der Töpfer an dem theuren Holze zu sparen, mag Veranlassung gegeben haben, den Zusatz von Bleioxyd zu übertreiben, so daß das überbasische Bleiglas dem Kochen mit Essig 2c. nicht mehr völlig Widerstand leisten konnte. Man hat aus diesem Grunde vielfältig die Aufgabe gestellt, bleifreie Glasuren für diese Art Geschirre aufzufinden, und Gemenge von Feldspath, gebranntem Borax, Glas 2c., besonders aber Hohofenschlacke dazu in Vorschlag gebracht. Indessen scheiterten alle diese gutgemeinten Vorschläge theils an der Kostspieligkeit der Materialien, theils an dem sehr bedeutend gesteigerten Brennmaterialverbrauch, den die Schwerschmelzbarkeit dieser bleifreien Glasuren nöthig machte, Kalk und Eisenoxyd haltende Thone ließen sich häufig gar nicht verwenden, indem sie erweichten, ehe die Glasur schmolz. Uebrigens ist von den Erfindern dieser Mischungen die Schädlichkeit der Bleiglasur unbedingt übertrieben worden.

Das Brennen geschieht am besten in den schon oben bei der Kachelfabrikation erwähnten liegenden Flammöfen. Geschirre, die nicht glasirt werden, wie Blumentöpfe rc., können in einander gesteckt werden, während bei glasirten Geschirren eine gegenseitige Berührung glasirter Theile unausbleiblich ein Anhaften zur Folge haben würde. Der Brand dauert selten länger als 8 — 10 Stunden.

Backsteine und Dachziegel. Die niedrigste Sorte von Thonwaaren, allein ohne Zweifel die in der größten Menge und seit dem grauesten Alterthume angefertigte, bilden die Backsteine und Dachziegel. Sie werden fast überall aus dem so häufig vorkommenden gelben Lehm angefertigt, welcher durch einen starken Gehalt an Eisen- und Manganoxyd, sowie durch eine fast nie fehlende Beimengung von Kalk charakterisirt ist.

Durch diese Beimischungen würde er für andere Verwendungen untauglich werden, während dieselben für Ziegel, falls sie nicht in allzugroßer Menge oder in der Form von Knollen und Nieren vorhanden sind, gerade wünschenswerth erscheinen müssen, indem sie es sind, die den Ziegel bei nicht allzuhoher Temperatur zum Zusammensintern bringen. Nur durch diese anfangende Schmelzung erhält der Ziegel die gehörige Wetter- und Wasserfestigkeit. Steine aus feuerfestem Thon widerstehen bekanntlich diesen Einflüssen viel schlechter. Ein Gehalt an Sand, der den Lehm mehr oder weniger mager macht, fehlt fast nie. Ohne Sand würde er zum Töpferthon rangiren, und wenn ein solcher Thon zu Ziegeln verarbeitet werden soll, muß er durch Zusatz von Sand verbessert werden.

Der Lehm wird als eine der obersten Schichten der Erdrinde gefunden, und man erkennt seine Gegenwart im Boden an der Feuchtigkeit, die auf demselben stehen bleibt, an dem Wachsen mancher Pflanzen, wie Huflattich rc.

Ist die obere Schicht des Erdbodens abgedeckt, so beginnt die Förderung und Aufschichtung, wobei man nicht allein auf die gehörige Mengung der fetteren und mageren Lehmschichten, sondern auch auf die gehörige Abführung des Wassers zu achten hat.

Ist das ganze Lehmlager bis auf die meist darunter liegende Kiesschicht durchsunken, so verzieht sich das Wasser gewöhnlich von selbst in derselben. Der geförderte Lehm wird nun in Haufen, am besten mehrere Jahre lang, gelagert, und erlangt dadurch eine bedeutend größere Bildsamkeit und Reinheit. Die beigemengten Schwefelkiestheile verwittern und

werden als Eisenvitriol ausgelaugt, die organischen Substanzen, Wurzeln ꝛc. verwesen, kurz die meisten Uebelstände, welche sonst beim Formen und Brennen hervortreten, werden dadurch vermieden. Es ist zweckmäßiger den Lehm lieber in langen schmalen, als in großen runden Haufen liegen zu lassen, da letztere in der Mitte selten gehörig ausfrieren würden.

Die Zubereitung des Lehms ist je nach der Güte des zu erzielenden Fabrikats, eine sehr verschiedene. Sie wird sehr erleichtert durch die mehr magere Beschaffenheit desselben, während die plastischen Thone, die sogenannten Letten, wenn sie zur Ziegelfabrikation benutzt werden sollen, wegen ihrer großen Zähigkeit oft enorme Schwierigkeiten darbieten. Das einfachste und ursprünglichste Verfahren ist das Durchtreten des angenäßten Lehms mit den Füßen. Es findet überall da statt, wo eine kleine Feldziegelei nur für den augenblicklichen Bedarf angelegt wird, ist aber selbst in stehenden großen Ziegeleien üblich, indem es die Kalknieren und Steine auszulesen erlaubt. Wo große Ziegeleien bestehen, werden meistens zur Zubereitung Maschinen angewendet, die durch Ochsen und Pferde, seltner durch Dampfmaschinen betrieben werden. Hier findet gewöhnlich auch ein vorheriges Einsümpfen statt, wodurch der Lehm besser erweicht. Ist man genöthigt Sand oder andere Materialien zuzusetzen, so kann gleich beim Sümpfen der Anfang einer gleichmäßigen Vertheilung gemacht werden, indem man die Lehm- und Sandschichten horizontal aufschüttet und nachher die Masse vertical durch Spatenstiche wegnimmt. Für gewöhnlich wird der Lehm nur mit der Lehmmühle oder dem Thonschneider bearbeitet. Erstere (Fig. 100) be-

Fig. 100.

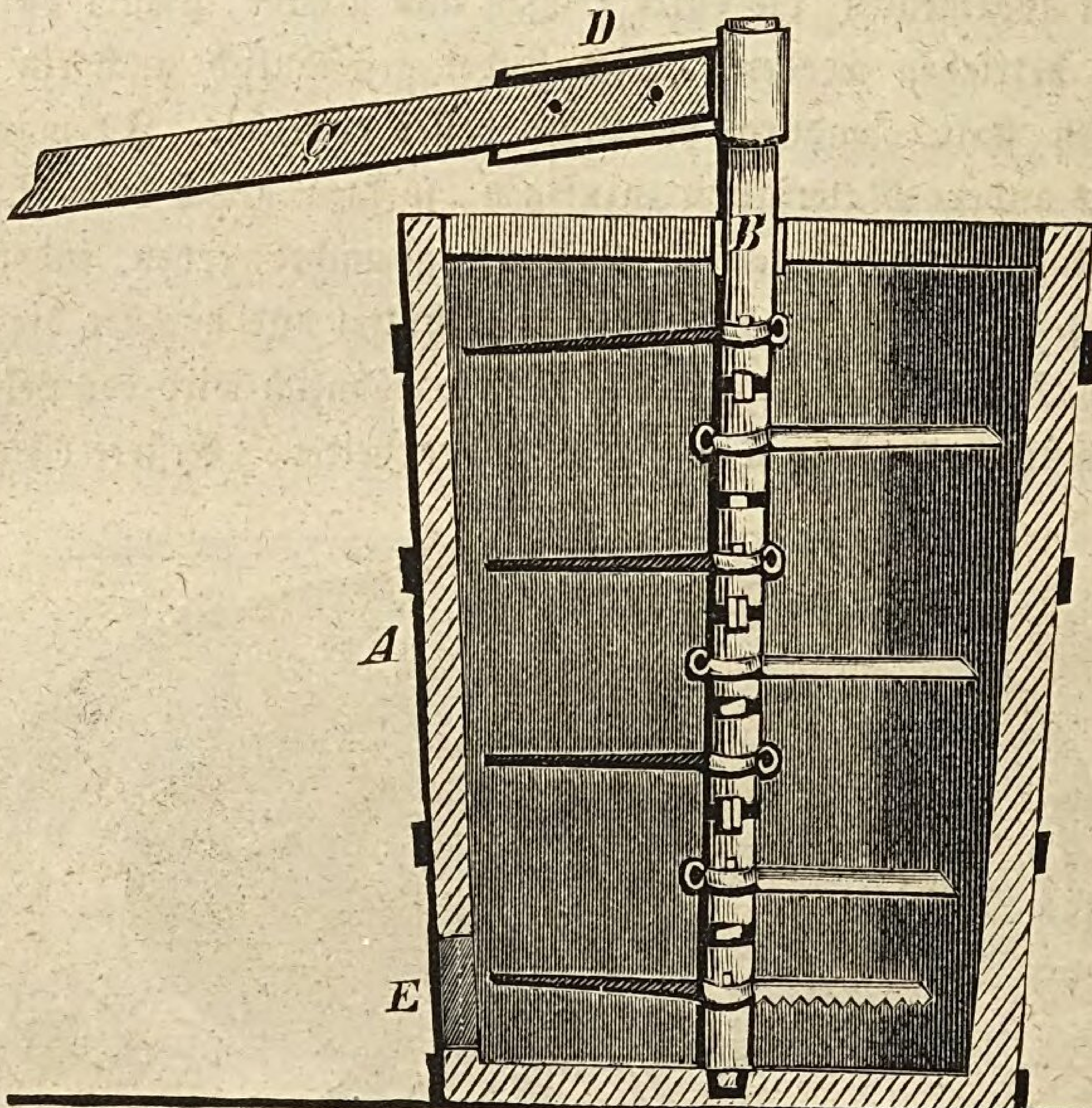


Lehmmühle.

steht aus zwei breiten Rädern a a, die auf einer kurzen Achse b sitzen und

mit Steinen ꝛc. stark beschwert werden. Dieser Karren bewegt sich auf einer ringförmigen Bahn, die von Bohlen sehr dicht und fest hergestellt ist. In der Mitte dieses Kreises ein Eichenklotz eingerammt, der eine gut befestigte eiserne Spindel trägt. Um diese dreht sich ein langer Querbaum, der am andern Ende durch ein Rad getragen wird und an welchen die Pferde oder Ochsen ziehen, während daran zugleich die Wagendeichsel des Lehmkarrens, indessen so, befestigt ist, daß sie sich der Länge nach verschieben läßt. Auf diese Weise wird bewirkt, daß der Karren in einer ziemlich engen Spirale den Ring durchläuft und endlich jeder Theil des Lehms zur Durcharbeitung kommt. Ein 3 — 4stündiges Behandeln mit diesem Apparate genügt zur Zubereitung selbst der zähesten Lette. Die Thonschneider gehen von einem andern Principe aus. Man hat einen aus starken Dauben zusammengesetzten und in Eisen gebundenen, runden Bottich A (Fig. 101), in welchem sich eine mit Messern besetzte Welle B dreht.

Fig. 101.



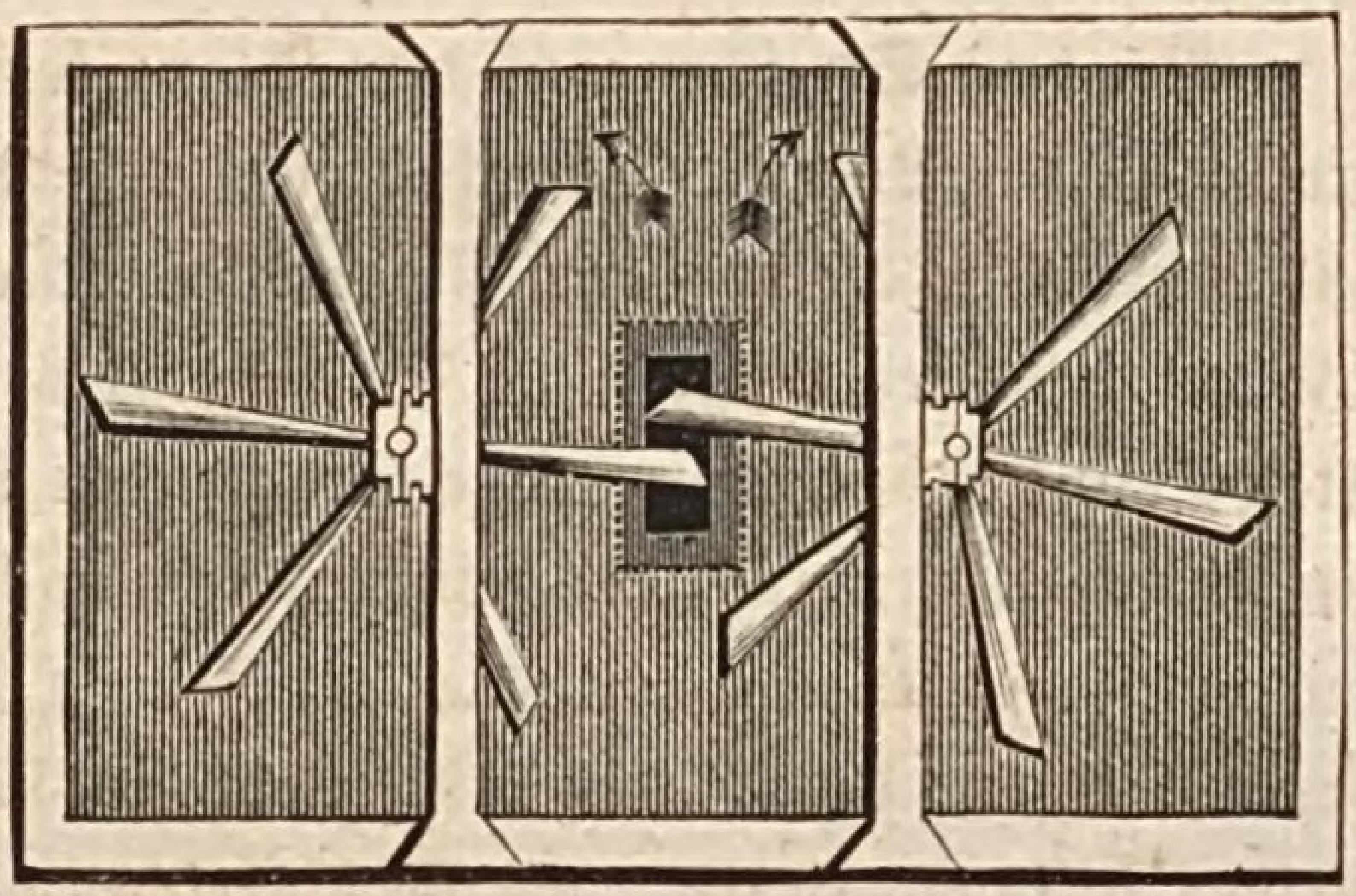
Thonschneider für Ziegelmasse.

Die Bewegung der Messerwelle wird ebenfalls durch einen Querbalken C bewirkt, der in einer aufgesetzten eisernen Hülse D befestigt ist. Die Messer auf der Messerwelle müssen gehörig stark sein und eine doppelte Neigung haben. Ihre Fläche ist sowohl in der Länge als auch in der Breitenrich-

tung etwa unter einem Winkel von 20° gegen die Horizontale geneigt. Hierdurch und dadurch, daß die Messer in einer Spirale an der Welle befestigt sind, wird der Thon nicht allein zerschnitten, sondern auch nach unten gedrückt, wo er aus einer seitlichen Oeffnung E herausquillt. Statt der runden Bottiche sollen quadratische, aus Eisenplatten zusammengeschraubte Behälter zweckmäßiger sein, indem sich Steine und andere Unreinigkeiten in die nicht von den Messern berührten Ecken hineindrücken.

Die Zertheilung soll ferner dadurch sehr befördert werden, daß man auch an den Wänden Messer einsetzt, die den rotirenden Messern entgegenstehen. Derselbe Zweck wird in sehr vollkommener Weise erreicht, indem man in einem länglich viereckigen oder ovalen Behälter zwei solche Messerwellen anbringt, die, durch Stirnräder verbunden, entweder gegeneinander oder in derselben Richtung in Bewegung gesetzt werden. Diese Einrichtung hat sich bei einer von mir geleiteten Ziegelei sehr gut bewährt, erfordert aber verhältnißmäßig viel Kraft. Die untere Oeffnung, aus der der Thon herausdringt, wird häufig mit einem Gatter verschlossen, durch welches Steine 2c. zurückgehalten werden. Dasselbe muß dann von Zeit zu Zeit entfernt und gereinigt werden. Verschließt man die Oeffnung E durch einen Schieber, so wird der Widerstand augenblicklich mindestens auf das Doppelte gesteigert, der Lehm aber dadurch vortrefflich gemischt. Man hat noch andere Vorrichtungen zur Zubereitung des Ziegellehms, die indessen selten angewendet werden und für die Zubereitung so großer Massen gewiß nicht ausreichend praktisch sind.

Fig. 102.



Doppeltwirkender Thonschneider.

Das Streichen ist eine sehr einfache Operation und erfordert wenig Kunstfertigkeit, dagegen aber viel Kraft. Es geschieht trotzdem meistens nur durch Menschenhände und ohne Zweifel werden 90 Procent aller Ziegel noch auf dieselbe Weise gestrichen, wie zu Moses Zeiten in Aegypten. Man unterscheidet das Streichen auf dem Plane und auf Brettchen. Ersteres ist bei den Feldziegeleien, letzteres bei stehenden Ziegeleien und bei besseren Ziegelsorten üblich. Stets gehört dazu ein Streichtisch, d. h. eine etwa

$2\frac{1}{2}$ Fuß hoher, 3 — 5 Fuß breiter, 4 — 5 Fuß langer Tisch, auf welchen der zubereitete Lehm dem Streicher hinaufgefahren wird, und auf dem er die Ziegel formt. Er hat auf demselben außerdem einen Behälter mit Wasser, einen mit Sand und seine Form stehen. Dieselbe besteht aus Holz und ist zweckmäßig auf den Kanten mit Eisenblech beschlagen, außerdem an den schmalen Seiten mit Handgriffen versehen. Sie ist nichts anderes als ein viereckiger Rahmen, der im Lichten die Dimensionen von 11, $5\frac{3}{4}$ und $2\frac{5}{8}$ Zoll besitzt, woraus sich durch die Schwindung für die fertigen Ziegel die Dimensionen 10, $4\frac{5}{6}$ und $2\frac{3}{8}$ Zoll ergeben, die sich wie nahezu 4 : 2 : 1 verhalten. Dies ist das preußische mittlere Maaß.

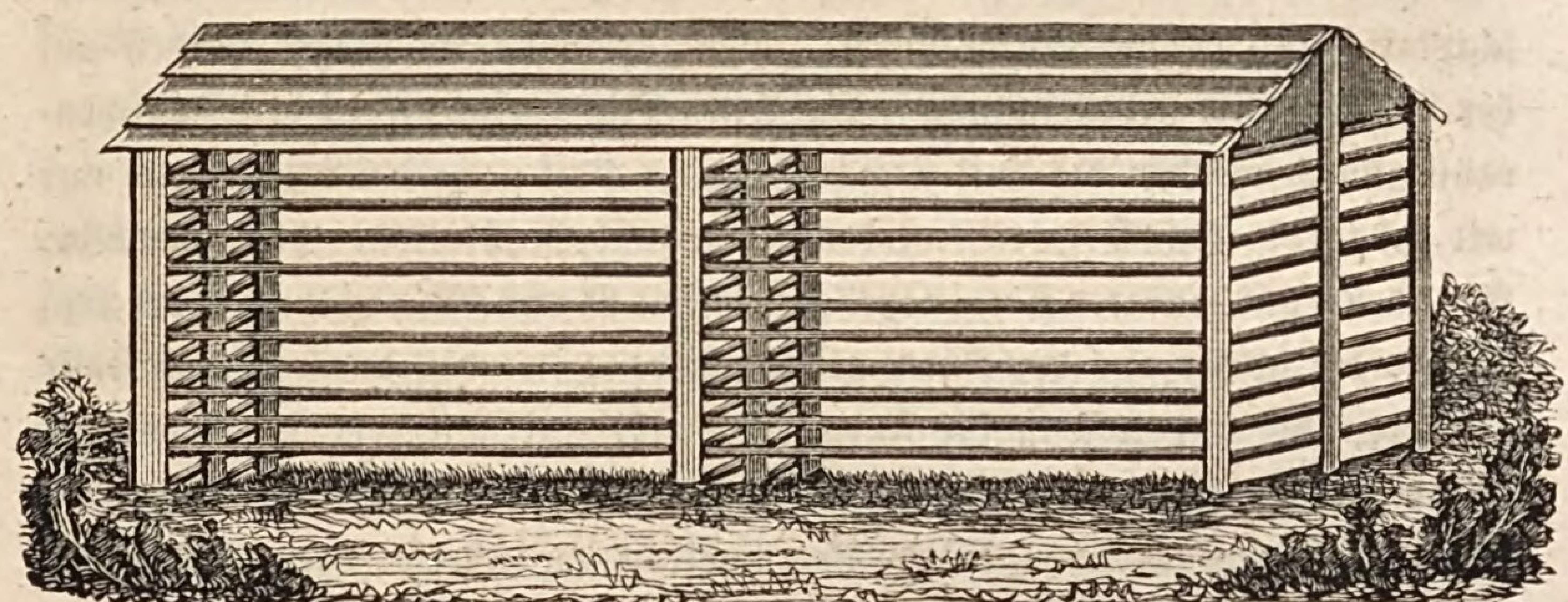
Die Ziegel halten dadurch beim Vermauern Verband, was von großer Wichtigkeit für die Festigkeit des Mauerwerks ist. Die erwähnten Dimensionen sind mit Rücksicht auf die unausbleibliche Mörtelfuge so berechnet, daß durch einfache Multiplicationen der Länge, Breite und Dicke füßige Maaße entstehen.

Bei dem Streichen auf dem Plane formt der Streicher durch Hineingreifen in den Lehm und durch Rollen auf dem Tische einen Ballen, den er mit Gewalt in die vorher naß gemachte oder ausgesandete Form wirft und mit den geballten Händen in die Ecken hineindrückt, worauf er die obere Fläche durch Abstreichen mit einer geraden Leiste egalisirt. Er selbst oder ein Abtragejunge trägt die gefüllte Form nach dem Trockenplatz (dem Plane), der wohl geebnet und am besten mit feinem Sand bedeckt sein muß, legt sie dort platt auf den Boden und zieht sie von dem Ziegel ab. Dieselben bleiben so lange liegen, bis sie hinreichend abgetrocknet sind, um gehandhabt werden zu können, und werden dann auf ihre große Seitenkante gestellt, mit einem Messer nachgebessert und endlich zu kleinen gekreuzten Pyramiden aufgestellt, die Zwischenräume für den Luftzug lassen. So werden sie allmälig abgetrocknet und endlich bis zum Brande in einer aus Schwartenbrettern oder Stroh errichteten Ziegelscheune untergebracht, um sie den Unbilden der Witterung zu entziehen. Im ungebrannten Zustande heißen sie Lehmpatzen und können schon so an trocknen Orten als Baumaterial verwendet werden.

Die Feldziegeleien haben den Uebelstand, daß sie während des Trocknens den Zufälligkeiten des Wetters zu sehr ausgesetzt sind, so daß häufig ein einziger heftiger Regen die Arbeit mehrerer Tage verdirbt. Bei stationären Ziegeleien sind daher Vorrichtungen getroffen, um die fertigen Ziegeln unter Dach zu trocknen. Um nicht unverhältnißmäßig große Räume überdachen zu müssen, ist man gezwungen, die Ziegel übereinander in Gestellen

aufzustellen und, um das zu können, sich passender Brettchen als Unterlage zu bedienen. Einige fest begründete Ziegeleien, die voraussichtlich ihren Lehm auf lange Jahre hindurch an derselben Stelle fördern, haben feststehende, mit Ziegeln gedeckte, indessen an den Seiten offne und nur durch Laden verschließbare Schuppen, andere nur tragbare Gestelle von schwachen Pfosten und Latten, die zum Abhalten des Regens mit Schwartendächern versehen sind und in Reihen nebeneinander stehen. Diese letztere Einrichtung kann ich aus eigener Erfahrung sehr empfehlen. Sie ist wenig kostspielig, die Ziegeln trocknen fast eben so leicht, als auf dem Plane; der Regen kann nur etwa die an der äußersten Seite der Reihe stehenden Ziegel beschädigen, und sie lassen sich jederzeit durch 6 Mann bequem an die Stelle versetzen, wo man sie gerade braucht. Zu einem solchen Gestelle gehören 6, etwa 2 — 3zöllige Stangen, eine Anzahl schmaler Latten und einige Schwartenbretter. Sie sind 15 Fuß lang, etwa 3 Fuß breit und 8 Fuß hoch und fassen circa 500 Ziegeln (s. Fig. 103). Aehnliche Gestelle, natürlich

Fig. 103.



Ziegeltrockengestelle.

ohne Dach, sind auch in den feststehenden Schuppen anzubringen. Diese Methode des Streichens auf dem Brette liefert schöne Ziegel, erfordert aber bei schwunghaftem Betriebe eine nicht unbedeutende Anzahl Ziegelbretter, die etwa 7" breit und 13" lang sein müssen. Um auf diesen Brettchen Ziegel zu streichen, wird ein Leder an der Kante des Streichtisches festgenagelt, das ebenso lang und etwas breiter, als der Ziegel und an der freistehenden Längsseite um einen runden Holzstab geschlungen ist, mittelst dessen es angefaßt werden kann. Außerdem steht der Wasserkasten nicht auf, sondern neben dem Streichtische. Der Streicher stellt die leere, gut genäßte oder gesandete Form auf das Leder, formirt den Ballen, drückt ihn

ein und streicht die obere Fläche des Ziegels ab. Hierauf bestreut er diese Fläche mit etwas Sand, Asche ꝛc. und drückt ein Ziegelbrettchen darauf. Nun dreht er die Form so weit mit dem Leder um, daß das Brettchen auf den niedriger stehenden Wasserkasten zu liegen kommt, zieht das Leder ab und streicht auch die untere Fläche ab. Schließlich wird die Form abgezogen, die Ecken und Kanten des Ziegels durch den Streichjungen mit etwas nassem Lehm nachgebessert, eventuell mit einem naßgehaltenen Brettchen abgeputzt, worauf der Ziegel in das Gestell geschoben wird und bis zum Absetzen stehen bleibt.

Diese Methode ist auch die für Dachziegel allein anwendbare. Die Form besteht hier am besten aus einer ebenen oder schwachconcaven Holzplatte mit Griff, in der sich eine Vertiefung für die zum Aufhängen bestimmte Nase befindet. Auf diese Unterplatte wird ein Rahmen gesetzt, der gerade so hoch ist, als die Ziegel dick werden sollen. Der vorher sehr gut zubereitete Lehm wird eingedrückt und mit einem Streichbrettchen abgestrichen.

Man deckt ein Brettchen drauf, kehrt die Form um, entfernt die Unterlagplatte und endlich den Rahmen. Die abgetrockneten Ziegel werden auf der hohen Kante nebeneinander aufgestellt. Die Nasen bilden den Zwischenraum, durch welchen die Luft streichen kann. Auf ganz ähnliche Weise, nur mit abgeänderten Formen werden die Fußbodenplatten, die Gewölbe-Brunnen- und anderen Formziegel gestrichen. Manche Auskehlungen der letzteren, die schwer aus der Form gehen würden, werden durch Einlagestücke gebildet, die nur lose in die Form eingepaßt und mit dem Ziegel herausgenommen werden, worauf man sie durch Abziehen entfernt. Noch complicirtere Formen können durch Wegschneiden der überflüssigen Masse mittelst eines Drahtes gebildet werden, indem man mit demselben einer aufgelegten Blechschablone folgt.

Das Bedürfniß nach billigen und guten Ziegeln hat vielfach zu der Anwendung der verschiedenartigsten Maschinen geführt, die indessen sämmtlich nur geringe Anwendung gefunden haben. Einmal ist zum Betriebe derselben eine bedeutende mechanische Kraft erforderlich, da die Adhäsion des Thones an den Metalltheilen sehr bedeutend ist; ferner ist es meistentheils immer noch nöthig mit der Hand nachzuhelfen, und es werden kaum Menschenkräfte gespart, wenn auch die geübten Streicher entbehrlich werden. Rechnet man hierzu noch das sehr bedeutend gesteigerte Anlage- und Betriebskapital, so begreift man leicht, daß nur ein Zusammentreffen vieler Umstände das Formen mit der Maschine empfehlenswerth machen kann. Es würde

außerhalb der Grenzen dieses Werkes liegen die unzähligen Maschinen dieser Art im Detail aufzuführen. Ich kann nichts thun, als die wichtigsten der angewendeten mechanischen Principien kurz zu erwähnen.

A) Ein Rahmen, durch gekreuzte Stäbe gitterförmig getheilt, wird von der Maschine mit Lehm gefüllt und dieser dann durch Stempel eingedrückt. Indem im weiteren Verlauf der Operation die unter dem Gitterrahmen befindliche Platte entfernt wird, drücken die Stempel die Ziegel auf untergelegte Bretter, mit denen sie entfernt werden.

B) Die Formen sind an der Peripherie eines Rades angeordnet; dieselben füllen sich beim Vorübergehen unter einem Rumpfe, worauf der darin befindliche Lehm durch eine glatte Walze comprimirt wird. Wenn die gefüllten Formen durch Drehung des Rades nach unten gelangt sind, wird mittelst eines durch ein Excentricum bewegten Stempels der Boden der Form nach außen gedrückt, wodurch dann die Ziegel heraus und auf ein Brett geschoben werden, das unter dem Rade durch ein endloses Band oder Laufrollen langsam fortbewegt und, wenn es voll ist, nach den Trockengerüsten gebracht wird.

C) Eine horizontale Scheibe trägt auf ihrer Peripherie Formen, die frei durch dieselbe hindurchgehen. Sie gehen bei ihrer Drehung nach einander erst unter einem Rumpfe weg, aus dem der halbfeuchte Thon hineinfällt und gelangen alsdann unter einen Stempel, der die Masse bei seinem allmäligen Herabgehen comprimirt. Während dieser zwei Operationen ist der Boden durch eine feststehende Platte geschlossen, in der dritten Position aber wird der Boden der Form frei, und, indem nun ein zweiter Stempel herabgeht, wird der fertige Ziegel herausgestoßen und setzt sich wie bei der vorigen Maschine auf ein vorübergeführtes Brett ab.

D) Der angefeuchtete Thon wird in einen Thonschneider geworfen, der unten eine Oeffnung hat, an der zuerst zwei Walzen und endlich eine hölzerne Form sitzt. Das dadurch erzeugte Thonband wird in passenden Distanzen mit einem Drathe abgeschnitten. Dieses Prinzip ist mannichfaltig modificirt worden.

Statt des Thonschneiders wendet man z. B. zwei Axen an, die mit starken, in einander greifenden Spiralgängen versehen sind und in zwei nebeneinander liegenden Cylindern sich drehen. An der einen Seite dieser Cylinder fällt der Thon durch einen Rumpf hinein, wird durch die Spirale gefaßt, zerschnitten, fortgeschoben und durch die Oeffnung einer am anderen Ende befindliche Formplatte gepreßt, wo er dann ebenfalls als Thonband

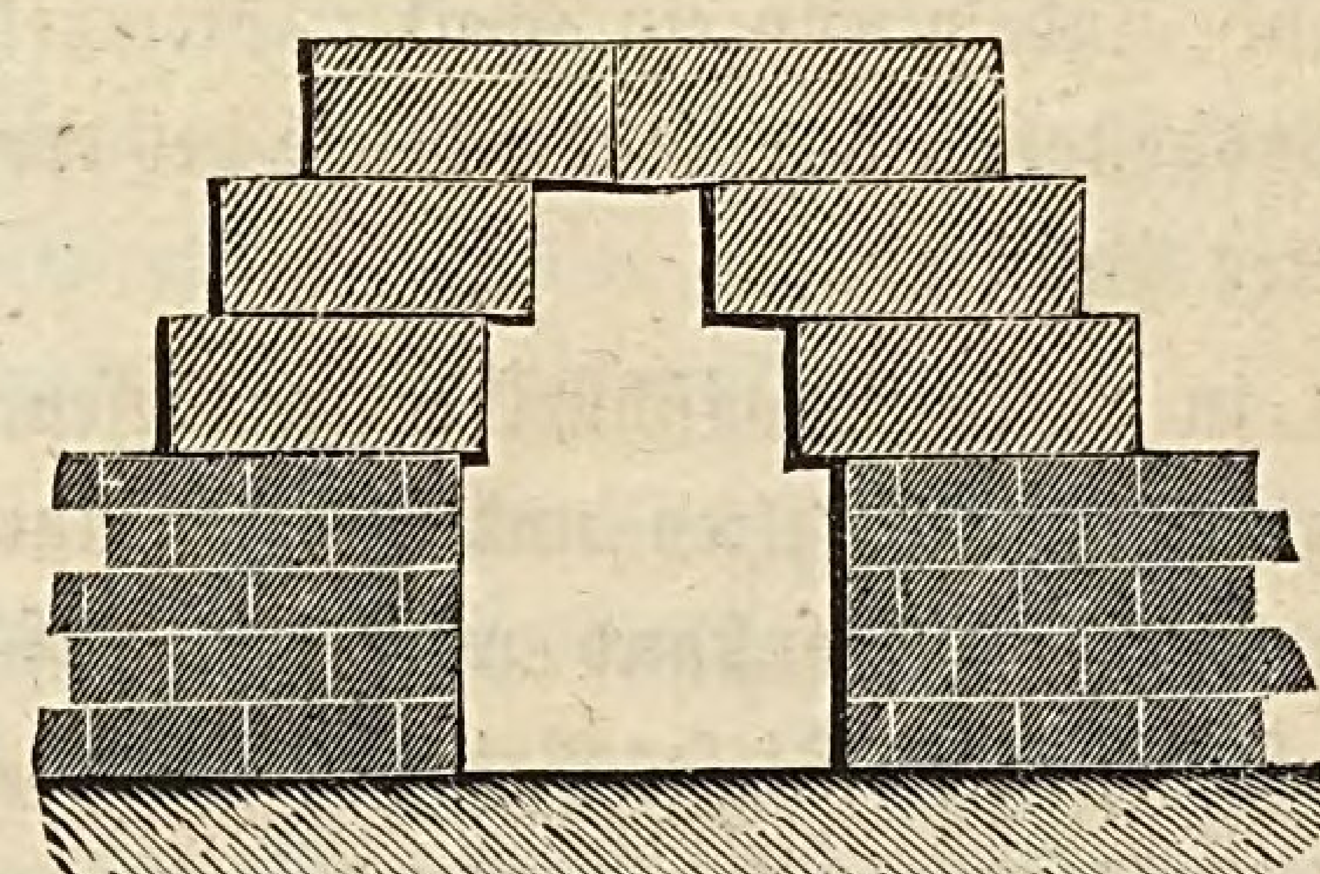
herauskommt und abgeschnitten wird. Statt dessen kann auch ein Cylinder mit Kolben angewendet werden, der möglichst dicht mit Thon gefüllt wird. Es ist zu diesem Pressen ein ungemein großer Kraftaufwand erforderlich, und alle Theile müssen deshalb sehr solid gearbeitet sein. Diese letzte Art von Maschinen kann, wenn man in der Formöffnung noch einen Dorn befestigt, zur Anfertigung von hohlen Ziegeln, sowie zur Darstellung der in so großen Massen verbrauchten Drainröhren verwendet werden. Was die Leistungen der Drainröhrenpressen anbelangt, so führe ich an, daß an einem Tage, freilich mit einer sehr großen Maschine der Art, 16,000 Stück zweizöllige Drainröhren gefertigt worden sind.

Das Brennen der Ziegel erfolgt auf verschiedene Art. Was das Brennmaterial anbetrifft, so wird wohl selten Holz, sondern meistentheils ein billigerer Heizstoff, wie Torf, Braunkohle, Steinkohle ꝛc. angewendet. Die letztere ist unstreitig das passendste Material.

a) Die Feldöfen sind für die Planziegeleien bestimmt und werden in England, Belgien, Frankreich fast ausschließlich angewendet. Sie gestatten die Ziegel an Ort und Stelle zu brennen, so daß oft zum Baue einer Fabrik, eines freistehenden Hauses der beim Graben des Grundes gewonnene Lehm die Steine zu den Mauern liefert. Sie verbrauchen indessen wenigstens eben so viel Brennmaterial als die feststehenden Oefen und liefern viel mehr Bruch und unvollkommen gebrannte Ziegel.

Man beginnt mit dem Ebenen des Bodens, setzt rohe Schüren, überwölbt sie durch Ueberziehen der Ziegel und ordnet die übrigen mit Zwischenräumen darüber an. (s. Fig. 105.) Zwischen die verschiedenen Lagen wird Steinkohlenklein gestreut. Der ganze Haufen spitzt sich nach oben pyramidenförmig zu und wird schließlich allseitig mit nassem Lehm beworfen. Durch Einstoßen von Raumlöchern wird das Feuer regulirt, das sich, nachdem in den Schüren mit Spänen und Reißholz einige Zeit gefeuert, allmälig im ganzen Haufen verbreitet. Man erhält unten und in der Mitte zu stark gebrannte, verglaste, oben zu schwach gebrannte Ziegeln.

Fig. 104.

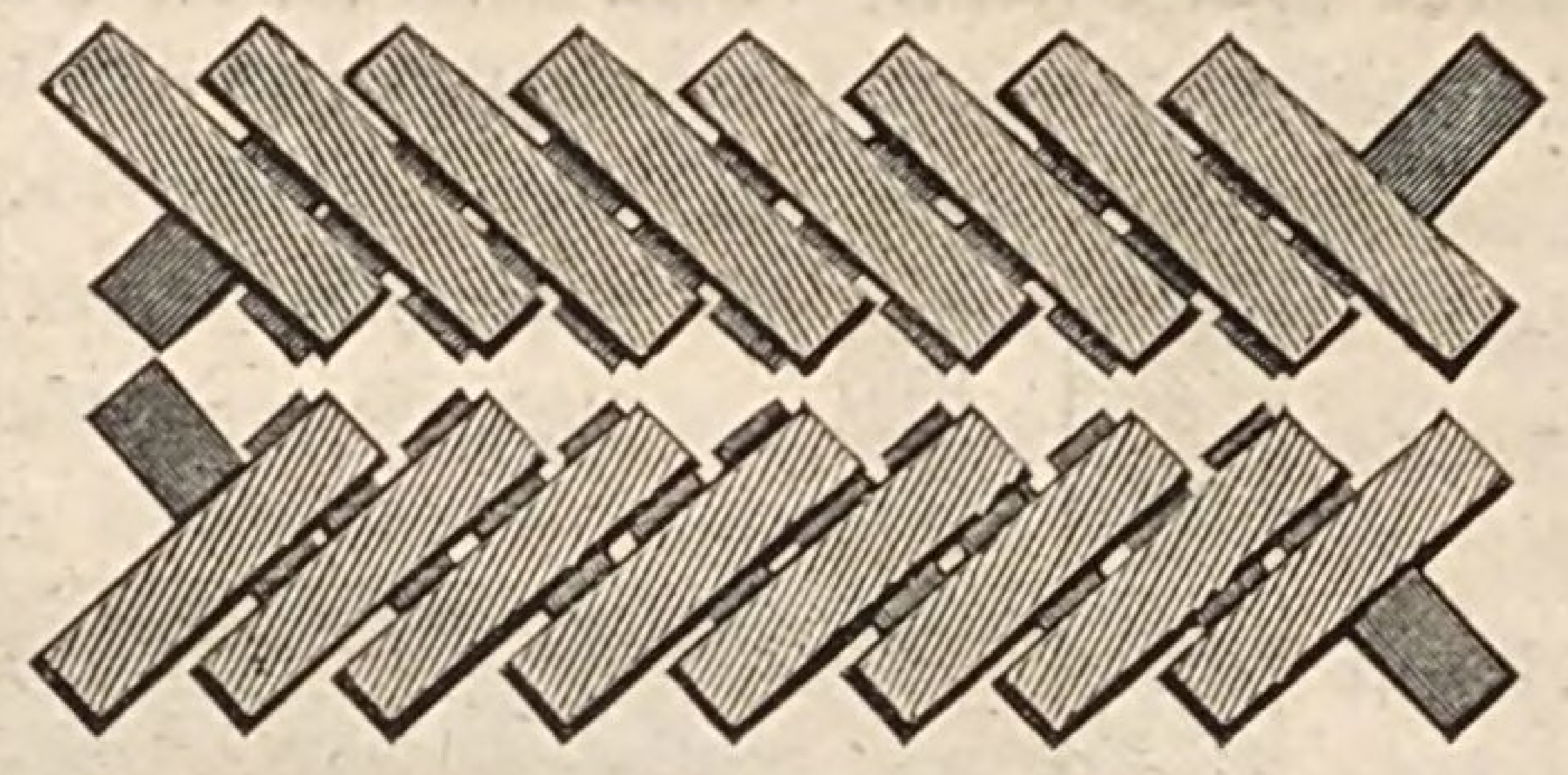


Schüren in einem Feldofen.

b) Feststehende Oefen mit gemauerten Seitenwänden und Rosten können mit oder ohne Gewölbe sein und werden fast ganz analog den Feldzie-

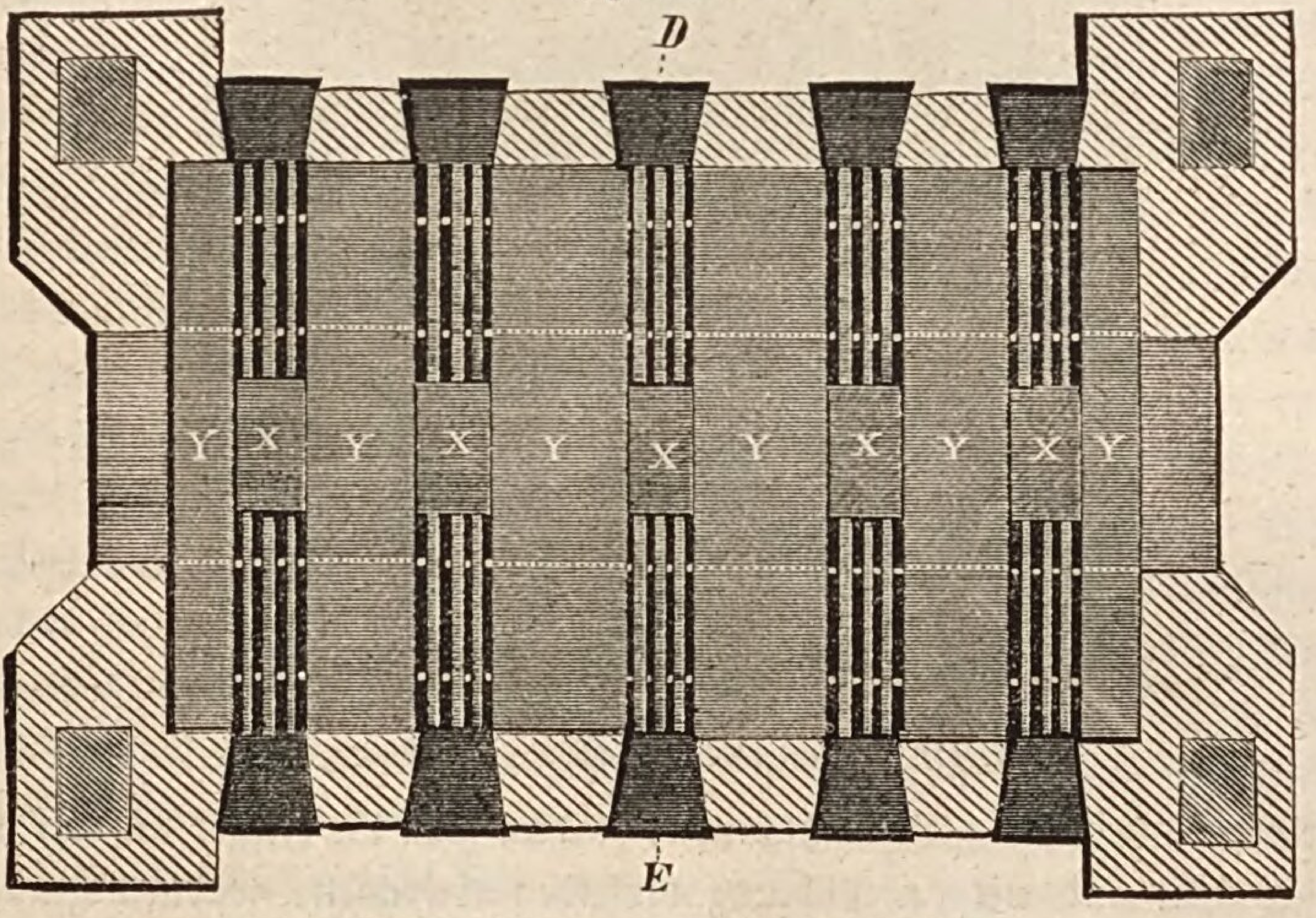
gelösen, nur natürlich mit Weglassung des Einstreuens von Steinkohlenklein besetzt. Sie sind entweder oben offen und nur durch ein leichtes Dach vor Regen und Wind geschützt, oder zugewölbt, wo dann regelmäßige vertheilte Zugöffnungen das Gewölbe durchsetzen müssen. Manchmal wird dann noch ein zweites Gewölbe angebracht, das die heißen Gase sammelt und durch einen oder mehrere besondere Schornsteine abführt. (S. Fig. 106 a und b.) Zweckmäßig scheint

Fig. 105.



Einsetzen der Ziegeln in den Ofen.

Fig. 106 a.

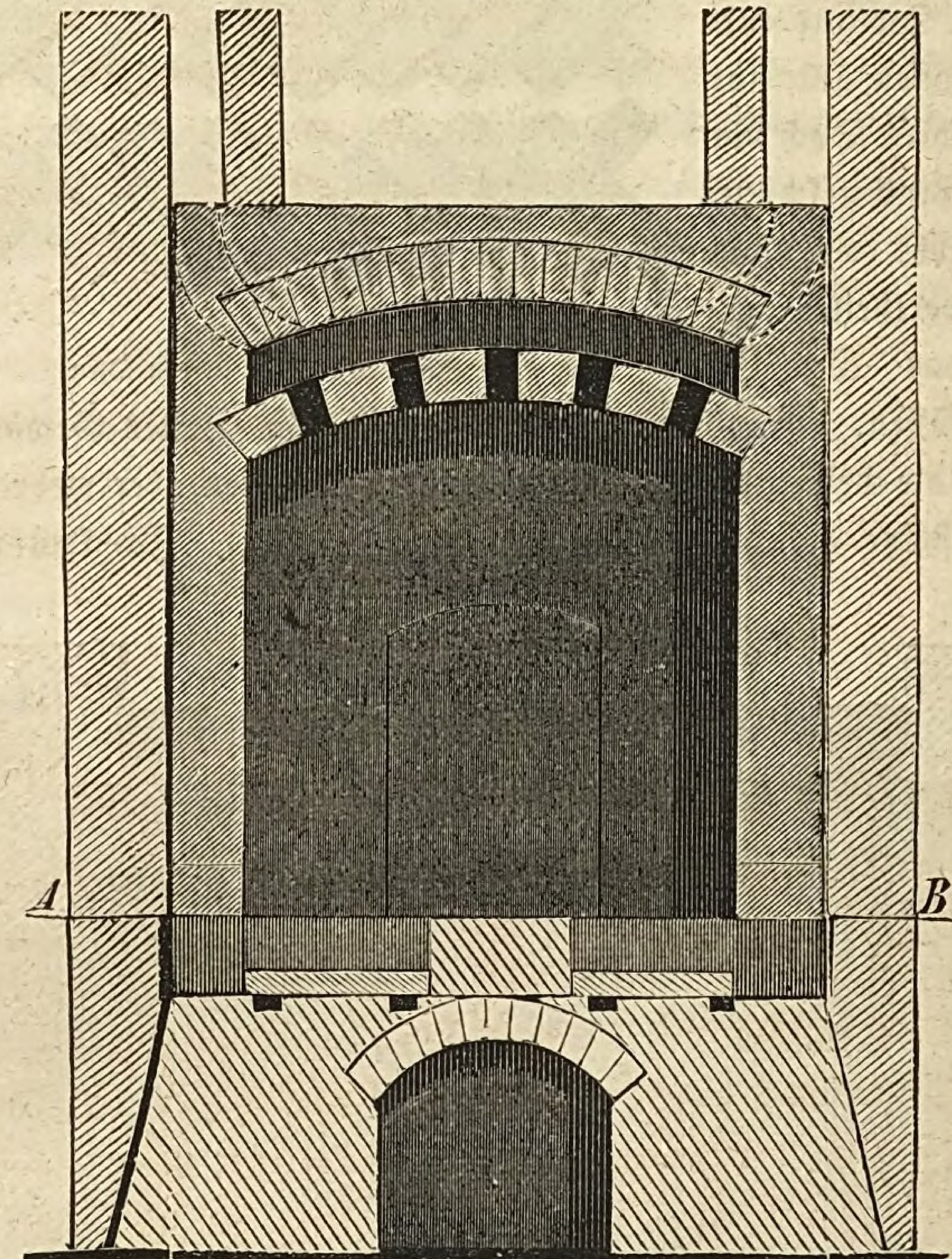


Ziegelofen, horiz. Durchschnitt nach Linie A B.

noch die Anlage von Röschen unter dem Roste, wie sie schon bei den Glasöfen erwähnt sind. Die Dimensionen der Oefen sind sehr verschieden. Man mache sie nicht zu hoch, wenn man nicht Ziegel von sehr verschiedener Feuerbeständigkeit zu brennen hat, indem die Temperatur in den verschiedenen Höhen zu verschieden ist. Eine Höhe von mehr als 16 Fuß ist unzulässig, zumal dadurch ein zu rasches Abziehen der erhitzten Luft bewirkt wird. Ihre Längen- und Breitendimensionen sind ziemlich willkürlich, wenn man nur für die hinreichende Zahl Feuerungen sorgt. Die Schüren sind mit Rosten von Chamottsteinen oder von

Gußeisen versehen. Erstere stoßen sich leicht ab, die letzteren verbiegen sich leicht durch das heftige Feuer. Man überbaut die Schüren, wie angegeben und

Fig. 106 b.



Ziegelofen, senkrechter Durchschnitt nach Linien CD.

setzt dann den Ofen gleichmäßig voll, indem man die Ziegel auf die hohe Kante stellt und mit der Richtung derselben abwechselt, wodurch genügender Zwischenraum für den Zug entsteht (s. oben F. 105.). Oben hin bringt man Dachziegel, Drainröhren und andere weniger massive Artikel. Als unterste Lage soll man Kalkstein einsetzen, der zugleich gut gebrannt wird und selbst die heftigste Hitze vertragen kann. Es ist eine aus praktischer Beobachtung hervorgehende Thatsache, daß mit Braunkohle nur dann gute Ziegel gebrannt werden, wenn man denselben eine solche Kalksteinunterlage giebt. Einerseits vermeidet man dadurch das Verglasen der unteren Schichten bei schmelzbarer Masse, andererseits das Springen der Ziegel, das durch den großen Wassergehalt der Braunkohle, durch die anfängliche Condensa-

tion der Wasserdämpfe an den Ziegeln bewirkt werden würde. Man feuert langsam an, was etwa 2 — 3 Tage beansprucht, verstärkt dann allmälig während weiterer 3 Tage das Feuer, bis die obersten Ziegel rothglühen und schließt dann Schüren und Zugöffnungen durch Auflegen von Ziegeln und Lehm. Durch partielles Schließen der Letzteren ist es möglich, das Feuer nach den zurückgebliebenen Punkten hinzulenken. Daß weite Einsatz- und Aussatzthüren nicht fehlen dürfen, versteht sich von selbst. Auf 1000 Stück Ziegel braucht man etwa 2 — 3 Tonnen Steinkohlen à 400 Pf. Da 1000 Ziegel etwa 80 Ctr. wiegen, so braucht man etwa $1/7$ des Gewichtes der Ziegel an Steinkohlen. Hiernach kann der Bedarf für andere Brennstoffe berechnet werden.*) Nach dem Vermauern des Ofens erhitzen sich erst die Ofenwände und zwar oft sehr bedeutend; allmälig läßt die Hitze nach, und man kann durch allmäliges Oeffnen der Zugöffnung und Schüren die Abkühlung einleiten, die etwa nach 5 — 8 Tagen beendigt ist.

Man hat in Schottland liegende Ziegelöfen, die sich auch besonders zum Betriebe mit Braunkohlen eignen sollen. Es wird zu diesem Ende ein im Lichten etwa 30 Fuß langer, 10 Fuß breiter und 12 Fuß hoher Ofen angewendet, der mit einem flachen Gewölbe überspannt ist. An der einen schmalen Seite ist eine überwölbte Rostfeuerung angebracht, mit Schürloch und Aschenfall, ganz wie ein gewöhnlicher Flammofen, versehen. Bei Braunkohlen ist auch ein breiter Treppenrost anwendbar. In der entgegengesetzten Wand befindet sich die Einsatzöffnung und auf beiden Seiten derselben 3 Füchse übereinander, die mit eisernen Thüren verschlossen sind.

Hinter dieser Mauer ist erst der ziemlich hohe Schornstein aufgeführt, der unten sich zur Breite der Hinterwand erweitert. Zu den Füchsen kann man durch Oeffnungen in der äußern Wand gelangen. Zuerst werden die obersten geöffnet und dadurch der Zug unter dem Gewölbe fortgeleitet. Ist diese Schicht gaar gebrannt und die darunterliegende vorgewärmt, so werden die oberen Füchse geschlossen und die mittleren, endlich die untersten geöffnet. So wird, wenn nicht Brennmaterial zum Gaarbrennen, so doch zum Anwärmen gespart.

Gestatten es die Verhältnisse, so kann man denselben Zweck noch vollständiger auf die Art erreichen, daß man mehrere Oefen so in Verbindung bringt, daß die in dem ersten aufgespeicherte Wärme beim Abkühlen nicht frei in die Luft entweicht, sondern in den folgenden Ofen geleitet wird, der da-

*) Bei Braunkohlenfeuerung rechnet man p. M. 9 — 10 Tonnen à 300 Pf, also etwa $3/8$ an.

durch schon nahezu dunkle Rothgluth erlangen wird. Der berühmte französische Techniker Peclet schlägt zu dem Ende vor, 4 — 5 Oefen im Kreise um eine centrale Esse zu errichten, die mit derselben und unter sich durch obere und untere Kanäle correspondiren.

Die erhitzte Luft steigt im Ofen 1. in die Höhe, geht aus demselben durch die oberen Kanäle in den Ofen 2. und von dort durch dessen untere Kanäle in den Schornstein. Ofen 3. wird besetzt, Ofen 4. ausgenommen. Nach dem Abbrennen des Ofens 1. wird Ofen 2. angefeuert, seine Gase oben in 3. geleitet und s. f. Eine sehr wichtige Verbesserung möchte das Verfahren des Pfarrers Clotter in Bayern sein, welcher die Feuerungen nach oben in den Oefen verlegt und durch gleichmäßig vertheilte Kanäle am Boden nach dem Schornsteine abführt. Diese Methode, die heiße Luft von oben nach unten dringen zu lassen, hat sich bei den Trockenstuben vortrefflich bewährt, indem dadurch eine viel gleichmäßigere Ausbreitung der warmen Luft, ein schichtweises Hinabsinken derselben stattfindet, die Hitze demnach nicht so rasch aus dem Ofen entweicht.

Alle die erwähnten Fabrikationsmodifikationen sind für eine schwunghaft betriebene Ziegelei nichts gegen die Einfachheit der Communicationen in derselben und die Leichtigkeit der Abfuhre für die fertigen Waaren nach großen Centren der Bevölkerung. Bedenkt man, daß in einer Ziegelei, die etwa 3 — 4 Millionen Ziegel fabricirt, circa 240,000 Ctr. bewegt werden müssen, so wird man die Wichtigkeit dieses Punktes begreifen und einsehen, daß von größeren Ziegeleien nur die gut rentiren können, die an Strömen, Kanälen oder Eisenbahnen gelegen sind. Eine in dieser Beziehung, sowie in der Güte ihrer Waare ganz ausgezeichnete Anlage der Art ist die in der Nähe von Breslau gelegene Ziegelei zu Reichwalde, deren intelligentem Besitzer, Herrn Heider, der Verfasser für seine unwandelbare Güte und Freundlichkeit zum höchsten Danke verpflichtet ist.

Diese Ziegelei, die jährlich etwa 6 Millionen Ziegel produciren kann, liegt an einem mäßig aufsteigenden Hügel, der bis zur Oder hinabreicht, und in einer Breitenausdehnung von mehr als 1000 Schritt bis in eine beträchtliche Tiefe aus sehr schönem eisenreichen Lehm besteht, der durch terrassenförmiges Abschachten gewonnen wird. Das dabei auftretende Wasser ist sorgfältig in Kanälen gesammelt und nach der Ziegelei geleitet. Der Lehm wird bergunter nach den Vorrathshaufen gefahren, die parallel neben einander und senkrecht auf den Lauf der Oder gerichtet stehen. Zwischen ihnen liegen die Sümpfe und am Ende derselben die durch Ochsen betriebenen Thonschneider. Neben ihnen ziehen sich ebenfalls senkrecht auf die

Oder die Ziegelschuppen hin, deren untere Etage für Backsteine benutzt wird, während die obere für Flachwerk bestimmt ist. Alle diese Ziegelschuppen sind durch gut erhaltene Bretterstege mit einander verbunden. Parallel mit dem Laufe der Oder liegen die Oefen, deren 12 vorhanden sind, die in zwei größeren Complexen zusammengeschlossen erscheinen, oben überwölbt und mit überdeckten Brennküchen zur Aufbewahrung des Brennmaterials versehen sind. Dieses selbst besteht aus Steinkohlen, die in einem gepflasterten Hofe lagern. Die Ziegel, sobald sie aus den Oefen gelangen, werden auf einem besondern Kai abgesetzt und von dort in die Kähne verladen, mittelst deren sie auf's leichteste nach Breslau transportirt werden können. Herr Heider kann kaum allen Bestellungen genügen, obgleich er oft mit 130 — 150 Streichern arbeitet. Sehr gesucht sind seine Klinker, d. h. scharf gebrannte Steine, die eine anfangende Sinterung erlitten haben und daher für Wasserbauten besonders geeignet sind.

Feuerfeste Steine. Schmelztiegel. Gasretorten. Zum Baue der mannichfaltigen Feueranlagen liefern das beste Material unstreitig die feuerfesten Ziegel. Man bereitet sie aus einem Thon, der möglichst frei von Eisenoxyd, Kalkerde, Magnesia und Alkalien sein muß. Derselbe findet sich an verschiedenen Stellen der Erde. Einer der vorzüglichsten Thone der Art findet sich als eigenthümliche Ablagerung im Steinkohlengebirge Englands und Schottlands. Er erscheint fast schieferartig, glänzt fettig, sieht gelbgrau aus und brennt sich schwach gelb. Auch unmittelbar über der Braunkohle findet sich häufig ein blaugrauer Thon, der sich zu derartigen Steinen eignet, besonders, wenn er mit sehr quarzreichem Kaolin versetzt wird.

Der große Ruf der englischen Chamotten ist indessen weniger in der vorwaltenden Güte des Thones, als in der sehr sorgfältigen Verarbeitung desselben begründet. Der Stourbridgethon z. B. wird längere Zeit der Verwitterung ausgesetzt und dann noch einem sorgfältigen Auslesen mit der Hand unterworfen. Eine sehr wesentliche Rolle spielt auch der reichliche Zusatz von grobkörnigem Chamottenmehl und das scharfe Brennen, das durch das gleichzeitige Vorkommen von Steinkohlen sehr begünstigt wird. Nichts befördert nämlich die Zerstörung der Feueranlagen mehr, als ein zu starkes und unregelmäßiges Schwinden der Steine. Es bilden sich dadurch Fugen, in welche die Schlacke und Asche des Brennmaterials eindringt und das allmälige Ausschmelzen veranlaßt. Setze ich daher dem rohen Thone wenigstens 50% schon einmal gebrannten Thones in groben Körnern zu, forme ich die Ziegel möglichst trocken, presse sie im lederharten Zustande scharf und

unterwerfe sie alsdann beim Brennen der heftigsten Weißgluth, so gelingt es leicht, das nachträgliche Schwinden auf ein Minimum zu reduciren. Durch das Pressen erhalten sie gleichzeitig scharfe Kanten und, da gewöhnlich auch die Firma und der Ort der Darstellung zugleich aufgeprägt wird, so bilden sich Eindrücke, in denen der Mörtel leicht haftet. Alles dieses erlaubt die Fugen auf ein Minimum zu reduciren. Für Eisenwerke wird statt des Chamottmehls häufig noch Quarz zugesetzt und ein besonders kieselsäurereicher Thon gewählt, weil die thonerdereichen Materialien von schmelzenden Eisenoxyden stärker angegriffen werden. Das Chamottmehl wird aus zerbrochenen Chamotten, aus alten Porzellankapseln, am besten aus besonders geformten, sehr scharf gebrannten Steinen hergestellt, indem man dieselben der Wirkung von canellirten Walzen oder von einem Pochwerke unterwirft. Um dasselbe von möglichst grobem gleichmäßigem Korne zu erzielen, thut man wohl statt der Pochsohlenplatten einen solide gearbeiteten Rost von geschmiedeten Stangen zu wählen, dessen Zwischenräume gerade weit genug sind, um die Körner von gewünschter Erbsengröße durchzulassen. Quarz oder Feuerstein werden, um das Pochen zu erleichtern, vorher ausgeglüht und, wo es angeht, abgelöscht. In England erfolgt die Zubereitung des rohen Thones in kleinen gußeisernen Thonmühlen mit zwei senkrecht stehenden eisernen Scheiben, die im Principe mit den Fig. 41. erwähnten Pulvermühlen übereinstimmen. Besser wäre es vielleicht noch, auch den rohen Thon zu trocknen, zu pochen, zu sieben, und in diesem Zustande mit Chamottmehl zu mengen, worauf dann eine Bearbeitung im Thonschneider folgen müßte. Ganz vorzügliche Steine erhielt ich, als ich ein so bereitetes Gemenge blos schwach anfeuchten und in diesem Zustande direct in die Presse einstampfen und scharf pressen ließ. Das Brennen erfolgt in niedrigen kleinen Oefen mit zahlreichen Schüren, und die Hitze muß bis zur heftigsten Weißgluth gesteigert werden, wodurch erst die Steine die gehörige Festigkeit erlangen.

Die in der neueren Zeit fast ausschließlich angewendeten thönernen G a s r e t o r t e n werden aus derselben Masse, wie die Chamotten angefertigt und zwar nicht, wie die Lehrbücher angeben, durch Pressen mittelst hydraulischer Pressen, sondern durch Einstampfen in Formen. Man bildet zuerst den Boden, setzt darauf einen mit Leinwand überzogenen Kern und darum eine aus einzelnen Dauben zusammengesetzte Form, welche durch eiserne Reifen und Schrauben zusammengehalten und ebenfalls mit Leinwand ausgekleidet wird. In den dadurch gebildeten Zwischenraum wird nun das schwach angefeuchtete Thongemenge fest eingestampft, so daß dadurch eine solide Wand gebildet

wird. Sobald auf diese Art ein etwa zwei Fuß hohes Stück fertig geworden, wird Mantel und Kern beseitigt und das erhaltene Stück erst erhärten gelassen, damit es durch die Last der oberen Schichten nicht zusammengedrückt wird. Ist dies geschehen, so wird ein neuer höherer Kern eingesetzt, ein neuer Mantel umgelegt und wie oben fortgefahren, bis die Retorte die nöthige Länge erhalten hat. Dieses Trocknen von unten herauf wird sehr wesentlich dadurch befördert, daß der Raum, in dem die Retorten stehen, durch Kanäle unter dem durchbrochenen Fußboden geheizt wird.

Ist die Retorte vollständig ausgetrocknet, so wird sie vorsichtig auf einen mit einer Strohmatratze bedeckten Wagen umgelegt und auf diesem in den Brennofen eingefahren, der rund und in vielen Beziehungen einem Porzellanofen ähnlich ist. Um möglichste Gasdichtheit zu erzielen, sollen einzelne Fabriken dem Retortenthone kleine Mengen von Porzellanscherben beimengen, indem der darin enthaltene Feldspath eine theilweise Sinterung der Masse im heftigsten Ofenfeuer bewirken soll.

Wenn auch die Schmelztiegel in ihrer Formung bedeutend weniger Schwierigkeiten bieten, so werden dafür auch noch ganz andere Forderungen an sie gestellt. Sie sollen nicht allein vollkommen feuerfest sein, sondern sie dürfen auch durch die angewendeten Flüsse wenig angegriffen werden, die darin geschmolzenen Substanzen nicht eindringen lassen und selbst durch schwere Metallmassen nicht bersten. Man begreift leicht, daß einzelne dieser Forderungen sich theilweise widersprechen, wenigstens sehr schwer, besonders bei großen Dimensionen, zu vereinigen sind.

Die Anwendung eines sehr homogenen feuerfesten Thones, die Zumengung von feinem Chamottmehl, von aschefreiem Coakspulver, endlich von Graphit müssen als leitende Grundsätze festgehalten werden. Der letztere Zusatz, oft in Mengen von 60 — 70%, liefert die berühmten Passauer Tiegel, die sehr schwach gebrannt sind und sich leicht mit dem Messer schneiden lassen. Dieselben sind nicht allein sehr feuerfest und wenig dem Springen unterworfen, sondern sie haben auch den bei edlen Metallen sehr wesentlichen Vorzug einer großen Glätte ihrer Wände, wodurch das Hängenbleiben einzelner Metallpartikelchen vermieden wird.

Viel billiger und fast ebenso brauchbar sind die hessischen Schmelztiegel von Großalmerode, deren Masse blos aus Thon und grobem Sand zusammengesetzt ist.

Der Verfasser hat sich längere Zeit mit der Verfertigung solcher Schmelztiegel aus einem guten Chamottethon abgegeben und in den kleinern

Dimensionen, die sich auf der Scheibe drehen ließen, vortreffliche Resultate erzielt, so daß die gefertigten Tiegel z. B. Eisenschmelzhitze ohne Weiteres aushielten. Bei den größern Tiegeln indessen war ein häufiges Springen nicht zu vermeiden. Es frägt sich, ob dieser Uebelstand vielleicht durch ein Einstampfen in Formen und Pressen, wie es bei den berühmten, in Sheffield angewendeten Gußstahltiegeln stattfinden soll, zu überwinden wäre.

Vierzehntes Kapitel.

Kalk-; Luft- und Wassermörtel. Gyps.

Wenn wir eine Probe unserer gewöhnlichen Ackererde mit einigen Tropfen irgend einer Säure, wie Essigsäure, Schwefelsäure, Salzsäure übergießen, so bemerken wir häufig ein Aufbrausen, die Entwicklung eines Gases und, wenn wir nun mit Lackmus reagiren, finden wir, daß die Säure gesättigt worden ist. Das entweichende Gas ist Kohlensäure, die Basis, welche sich mit der Säure verbunden hat, ist Kalk. Die Verbindung beider, der kohlensaure Kalk kommt in sehr großen Massen und in weiter Verbreitung auf der Erde vor. Er ist größtentheils das Produkt vorweltlichen organischen Lebens und dient der Industrie in der mannichfachsten und ausgedehntesten Weise.

In reinster Form findet sich der kohlensaure Kalk als krystallisirter Kalkspath, dessen vollkommen durchsichtige Varietät, der isländische Doppelspath, sich durch ihre doppelte Lichtbrechung auszeichnet und zu optischen Instrumenten, besonders bei den höchst interessanten Polarisationsversuchen Anwendung findet. Die Formen, in denen der Kalkspath krystallisirt, sind höchst mannichfaltig; sie gehören alle den hemiedrischen Formen des drei- und einaxigen Systems an. Sie entstehen, indem von den Flächen der doppelt sechs- und doppelt zwölfseitigen Pyramide die abwechselnden Flächen sich vorwaltend ausbilden, durch welchen Prozeß einmal verschiedene Rhomboëder, das anderemal die charakteristischen Kalkspathpyramiden entstehen. Alle

diese Formen zeigen eine ausgesprochene Spaltbarkeit in drei Richtungen und die dadurch entstandenen Flächen begrenzen ein einfaches Rhomboëder.*)

Die Kalkspathe sind meistens farblos, durchsichtig oder durchscheinend, ziemlich weich und lösen sich, ohne Rückstand zu hinterlassen, in Säuren. Ohne wesentliche Formveränderung kann die Kalkerde durch Bittererde oder Eisenoxydul ersetzt werden, und es entsteht dadurch der Bitter- oder Braunspath.

Das Vorkommen des Kalkspaths, obgleich ziemlich häufig, wie alle Mineraliensammlungen beweisen, ist doch verschwindend klein gegen die ungeheuern Massen unreinerer Kalksteine, welche auf der Erde gefunden und verwendet werden. Dieselben gehören sämmtlich den geschichteten oder neptunischen Massen an, welche im scharfen Gegensatze zu den krystallinischen Urgesteinen, wie Granit rc., einer spätern Einwirkung des Wassers rc. auf die ursprünglich feurig flüssigen Massen ihre Entstehung verdanken. Selbst in den ältesten Kalksteinen findet man Reste von organischen Substanzen, welche eine Bildung auf feurig flüssigem Wege ausschließen. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist die kohlensaure Kalkerde gleich dem im vorigen Kapitel erwähnten Thone ein Product der Verwitterung von Urgesteinen, der Einwirkung von Wasser und Kohlensäure auf kalkhaltige Silicate. Während aber der Thon, da er absolut unauflöslich im Wasser ist, nach seiner Abscheidung keiner weiteren Formveränderung fähig sich zeigte, diente die Auflöslichkeit des kohlensauren Kalkes in kohlensäurehaltigen Wassern dazu, ihn zu den mannichfaltigsten Bildungsformen zu befähigen. Wenn wir fein zertheilten kohlensauren Kalk in Wasser bringen und dieses Wasser, am besten unter beträchtlichem Drucke, mit Kohlensäure sättigen, so löst er sich in bedeutender Menge als saurer kohlensaurer Kalk auf. Diese Verbindung ist auch in den meisten unserer Trinkwässer enthalten und ertheilt ihnen einerseits den erfrischenden Geschmack, andererseits aber auch die Eigenschaft, die Seifenlösung zu trüben, Hülsenfrüchte nicht weichkochen zu lassen rc. (s. Wasser).

Durch Zusatz von Alkalien, welche sich der überschüssigen Kohlensäure bemächtigen, ebenso leicht aber auch durch Austreiben derselben mittelst Erhitzung fällt der kohlensaure Kalk, im letzteren Falle meist in mikroscopischen Arragonitkristallen nieder. Geschieht dagegen die Abscheidung des kohlen-

*) Neben dieser vorwaltenden Form existirt noch ein kohlensaurer Kalk, der in der Form des zwei- und zweigliedrigen Systems krystallisirt und mit dem Namen Arragonit bezeichnet wird. Wird derselbe erhitzt, so zerfällt er in ein Pulver von feinen Kalkspathrhomboëdern. Der kohlensaure Kalk ist demnach dimorph.

sauren Kalkes langsamer und in der Kälte, durch allmälige Verdunstung der gasförmigen Säure, so herrscht fast ausschließlich die Kalkspathform vor. Die sogenannten Tropfsteine, Kalksinter und andere Producte, welche sich aus kalkreichen Quellen absetzen, zeigen daher meist eine blättrige Struktur, während die Abscheidung in der Wärme der Grund ist, warum der sogenannte Sprudelstein in Carlsbad, die Kalkkrusten in den Dampfkesseln ein deutlich faseriges, arragonitartiges Gefüge darbieten. Man begreift leicht, wie im Laufe der Zeit durch diese Vorgänge ungemein große Massen kohlensaurer Kalk ausgeschieden werden konnten. Bei bedeutender Verzögerung dieses Prozesses mußte das Endprodukt krystallisirter Kalkspath oder wenigstens Marmor sein. In Wahrheit unterscheidet sich mancher Tropfstein, der noch heute gebildet wird, nur durch eine etwas abweichende Structur von wirklichem Marmor. Es liegen indessen auch Versuche vor, welche beweisen, daß kohlensaurer Kalk, in fest verschlossenen Räumen auf's heftigste erhitzt, zusammenschmilzt und kristallinisch, marmorähnlich erstarrt, ohne dabei seine Kohlensäure zu verlieren. Es wäre daher sehr wohl zulässig anzunehmen, daß der Marmor aus dichtem Kalksteine durch Erhitzung unter dem ungeheuren Druck der aufliegenden Felsmassen entstanden sein könnte.

Einen viel größeren Antheil an der Bildung der Kalksteine haben wahrscheinlich gewisse Thierorganismen genommen. Während die Pflanzen sich vorzugsweise der Kieselsäure bemächtigen und den Kalk höchstens als Salz einer organischen Säure aufnehmen, scheiden die Thiere niederer Klassen, die Molusken, Polypen ꝛc. zur Bildung ihrer Gehäuse aus dem sie umgebenden Wasser kohlensauren Kalk in Menge ab. Die unendlichen Lager von Muschelkalk, die Kreide, die Korallenriffe der Jetztzeit bestehen größtentheils aus den Ueberbleibseln dieser Thierwelt. Die Reste organischer Substanz in diesen Kalklagern lassen sich oft noch deutlich nachweisen.

Derselben Auflösung durch kohlensäurehaltiges Wasser, derselben Abscheidung durch Verdunstung unterliegen noch andere kohlensaure Salze und zwar besonders die der übrigen alkalischen Erden und des Eisenoxyduls. Die gelbe Farbe vieler Kalksteine rührt unzweifelhaft von beigemengtem Eisenoxyd her, das durch weitere Oxydation aus dem kohlensauren Eisenoxydul entstanden ist. Es ist ferner nach Art der Entstehung nicht zu verwundern, daß manche Kalksteine mehr oder weniger Sand und Thon beigemengt enthalten, von denen besonders die thonhaltigen uns weiter unten beschäftigen werden.

Von diesen verschiedenen Kalksteinen werden nun die festeren, wie Urkalk und Marmor zum Bauen, der Marmor in seinen reinen Varie-

täten außerdem zu Bildwerken verwendet, während im Gegensatz hierzu die leicht zerreibliche Kreide einmal als weiße Farbe, zum Schreiben ꝛc., andererseits zum Sättigen von Säuren in chemischen Fabriken Anwendung findet. Der sehr feste und dichte Kalkstein von Sohlenhofen in Bayern liefert die weltberühmten lithographischen Platten.

In viel größerer Ausdehnung aber wird der von seiner Kohlensäure befreite Kalk, der sogenannte kaustische oder ätzende Kalk (Lederkalk, gebrannter Kalk) benutzt. Er dient einmal in den chemischen Gewerben als wohlfeilstes und kräftigstes Alkali, zur Stearinfabrikation ꝛc. ꝛc., ferner aber auch noch und zwar in ungeheueren Quantitäten als Grundlage des Mörtels, des Kittes, mittelst dessen man die Steine bei unsern Bauten zusammenfügt.

Das Brennen des Kalks. Wir haben bei der Soda und Pottasche gesehen, daß sie bei keiner Temperatur ihre Kohlensäure, wenigstens allein durch Glühen, verlieren. Von den alkalischen Erden verhalten sich Baryt und Strontian fast analog; der kohlensaure Kalk dagegen wird durch eine helle Rothgluth vollständig in Kalk und Kohlensäure zerlegt, ein Prozeß, dem die kohlensaure Magnesia schon bei einer ganz dunkeln Gluth unterliegt. Treten indessen noch andere Agentien hinzu, so ändert sich dieses Verhältniß bedeutend. Setzen wir zu kohlensaurem Baryt oder Strontian, die für sich unzersetzt geschmolzen werden können, fein vertheilte Kohle, so wird die Kohlensäure zersetzt, indem sich zwei Aequivalente Kohlenoxyd bilden, und es bleibt kaustischer Baryt oder Strontian zurück. Diese Methode ist unzweifelhaft eine der besten, um Aetzbaryt darzustellen, und von hinreichend fein gepulvertem, kohlensauren Baryt wurden hierbei nahezu 90% zersetzt. Leiten wir ferner über dasselbe Salz bei Glühhitze Wasserdampf, so entweicht sogleich Kohlensäure und Aetzbaryt bleibt zurück.*)

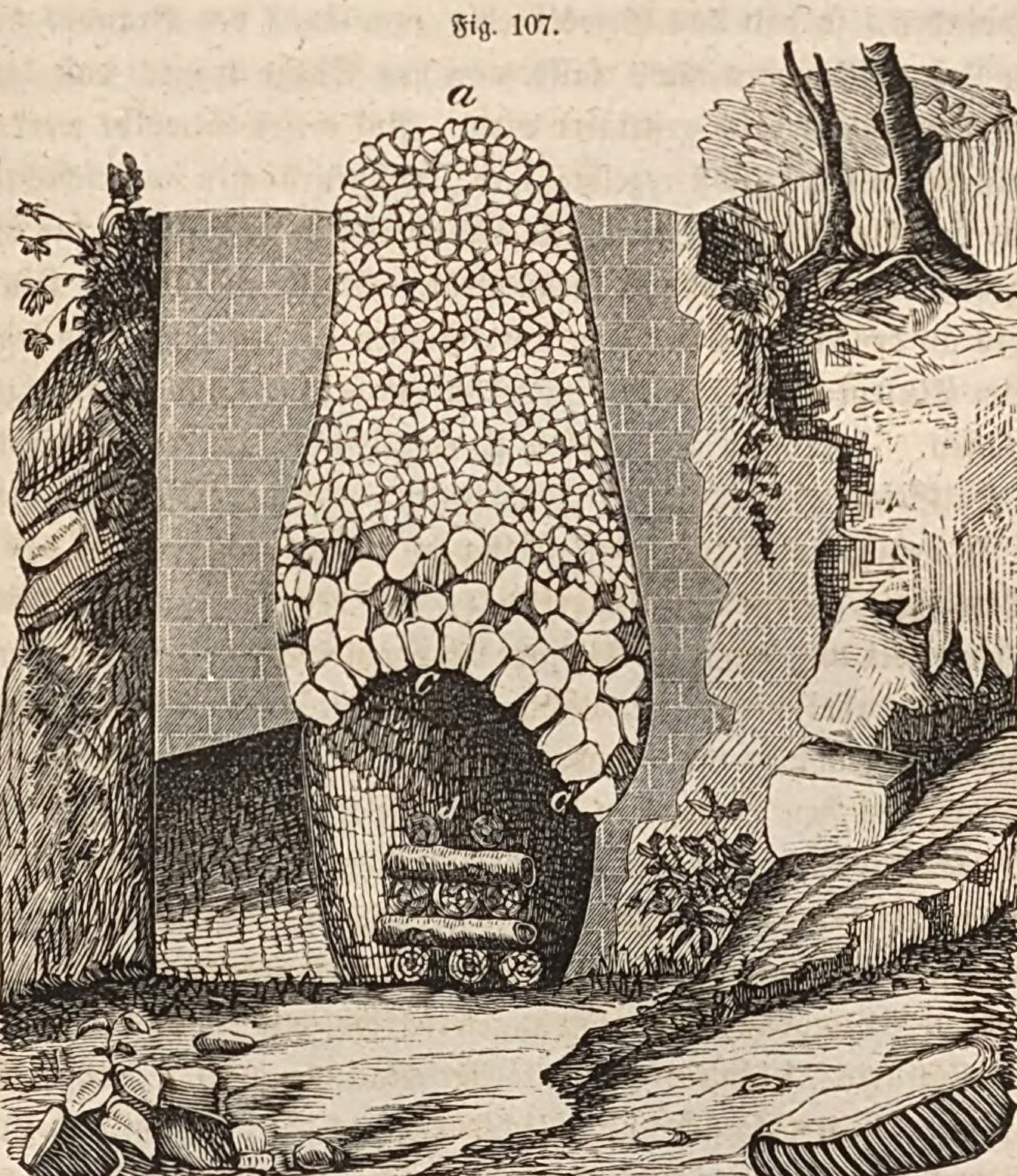
Diese beiden Methoden könnten auch beim Kalkbrennen angewendet werden, wenn hierzu nicht schon das viel einfachere Erhitzen desselben für sich genügte. Es ist indessen nicht zu läugnen, daß erfahrene Kalkbrenner, ohne jemals von diesen Versuchen gehört zu haben, diese Reactionen als wesentlich förderlich für das Brennen herbeizuführen suchen.

*) Ob hier die momentane Bildung von Barythydrat eine Rolle spielt, ist noch nicht entschieden. Die kohlensauren Alkalien für sich können auch durch die eben erwähnten Hülfsmittel nicht zerlegt werden. Sind sie dagegen mit kohlensaurem Kalk gemengt und werden so im Wasserdampfstrome zur Rothglühhitze erhitzt, so verlieren beide Substanzen ihre Kohlensäure vollständig. Es kann wohl angenommen werden, daß sich hierbei Aetzkalk bildet, der nun auf die kohlensauren Alkalien einwirkt und dann von Neuem zersetzt wird.

Wenn man kohlensauren Kalk, um auf diesen zurückzukehren, in einer Porzellanröhre zur Rothgluth erhitzt, so wird sich nur so lange Kohlensäure entwickeln, bis der erhitzte Kalkstein mit einer Atmosphäre von Kohlensäure umgeben ist. Die Kohlensäureentwicklung beginnt sofort von Neuem, sobald man durch einen Strom von Luft oder überhitztem Wasserdampf für die Abführung des gedachten Gases sorgt. Gemenge von Kreide und Kohle können dagegen in demselben Apparate schon bei dunkler Rothgluth kaustisch gebrannt werden. Hiermit erklären sich die praktischen Erfahrungen, daß man den Kalk nicht gut in Retorten oder Tiegeln brennen kann, daß man die Kalksteine meist im grubenfeuchten Zustande anwendet oder vor dem Brennen mit Wasser begießt, daß sich die an organischen Substanzen reichen Kalksteine besser gaar brennen, als z. B. der weiße Marmor, und daß man es endlich gern sieht, wenn die Kalksteine beim Anfange des Brandes durch Ruß geschwärzt erscheinen. Die einfachste, aber auch die in Beziehung auf den Brennmaterialverbrauch kostspieligste Methode ist die des Brennens in Meilern, wie sie in England noch ziemlich häufig in Anwendung kommt. Man baut zu diesem Ende aus den größten Stücken des Kalksteins, ganz ähnlich wie bei den Feldziegelöfen, Schüren und setzt darüber einen meist quadratischen Meiler auf, dessen Zwischenräume mit Steinkohlenklein ausgefüllt werden. Schließlich wird eine Decke von fetter, lehmiger Erde gegeben, die zum Zusammenhalten der Wärme und zur Leitung des Zuges dient. Man macht dann in den Schüren mit Reisig Feuer an und unterhält dasselbe so lange, bis die zunächst liegenden Steine gahr gebrannt, der Meiler selbst aber durchweg entzündet ist. Von jetzt an fungiren die Schüren größtentheils nur als Zugöffnungen und werden daher partiell mit Steinen zugesetzt und mit Lehm verstrichen. Durch Einstoßen von Raumlöchern in die Decke wird der Zug des Feuers wie gewöhnlich regulirt. Nach dem völligen Ausbrennen läßt man langsam abkühlen und fährt dann den Meiler ab. Man rühmt dem in diesen Meilern gebrannten Kalk nach, daß er sehr gleichmäßig durchgebrannt ist, was wohl theilweise in der unmittelbaren Berührung der Kalksteine mit den Kohlen seinen Grund haben mag. Die Meiler sind sehr leicht und einfach zu construiren und mögen daher zur Ausbeutung eines oberflächlich liegenden, unbedeutenden Kalklagers ganz geeignet erscheinen. Selten wird indessen die Kalksteingewinnung so gering sein, daß sie nicht die Anlage eines festen Ofens gestatten sollte. Man unterscheidet hier Oefen mit intermittirendem und mit continuirlichem Betriebe. Erstere sind von sehr einfacher Construction und schon in alten Zeiten angewendet, kosten aber im Vergleich zu den continuirlichen

Oefen ungemein viel Brennmaterial, indem bei jedem Brande die Wände des Ofens frisch erwärmt werden müssen und die ganze Wärme der Beschickung ungenutzt verloren geht. Dagegen lohnt sich die ziemlich kostspielige Anlage der letzteren nur da, wo sowohl ein aushaltiges Lager von Kalksteinen vorhanden ist, als auch ein sicherer Absatz des erzeugten Kalkes außer Zweifel steht, indem längeres Lagern desselben unthunlich erscheint. Man unterscheidet bei diesen continuirlich betriebenen Oefen wieder diejenigen, wo eine oder mehrere besondere Feuerungen vorhanden sind, und andrerseits die, wo Brennmaterial und Kalksteine zusammen schichtenweise in den Ofen gegeben werden. Erstere sind für Torf, Holz und Braunkohle, letztere für Steinkohle berechnet. Die Oefen mit unterbrochenem Gange (Fig. 107.) werden meistens nur mit Holz betrieben.

Fig. 107.



Kalkofen, mit intermittirendem Betriebe.

Man baut sie gewöhnlich in einen Hügelabhang hinein, der einerseits die Anfuhr zur Gicht erleichtert, andrerseits aber auch an Mauerwerk sparen

hilft. Dabei bilden diese Oefen einen schachtförmigen Raum A, der gewöhnlich oben und unten etwas zusammengezogen ist, indessen auch eben so gut vollständig cylindrisch sein kann. Der Boden ist abgepflastert, aber mit keinerlei Rost, oder sonstigen Vorrichtung als einer weiten gewölbten Schüröffnung versehen, die zugleich zum Einsetzen und zum Ziehen dient. Nur, wo die Verhältnisse zur Anwendung anderer Brennmaterialien zwingen, ist ein Rost erforderlich. Etwa 1 — $1\frac{1}{2}$ Fuß über dem Boden befindet sich ein kleiner schräger Absatz, der als Widerlager für das gleich zu erwähnende Gewölbe dient. Dasselbe wird aus den größten regelmäßig geformten Kalksteinen jedesmal neu aufgesetzt. Man schlägt gewöhnlich mehrere sich kreuzende Bogen und füllt die dreieckigen Zwischenräume mit kleineren Steinen aus. Da die Kalksteine beim Brennen nicht bedeutend schwinden, so hält das Gewölbe bis zum Ende des Brandes die aufliegende Last vollkommen aus, falls man nur Sorge trägt, daß die Hitze im Anfange nicht zu rasch gesteigert wird. Auf dieses Gewölbe werden nun die Kalksteine mit möglichst regelmäßigen Zwischenräumen aufgeschichtet, so indessen, daß die kleinsten Bruchstücke als oberste Decke dienen, die oft noch fußhoch aus der Gichtmündung heraussteht. Sollte zu fürchten sein, daß besonders an den Wänden der Zug unterbrochen werden könnte, so legt man dort beim Einsetzen Holzstangen ein, welche verbrennen und geräumige Zugräume lassen. Hierdurch allein wird es möglich die an der Peripherie liegenden Kalksteine vollständig durchzubrennen. Ist der Ofen auf diese Art besetzt, so beginnt man zuerst mit Reisig zu feuern und verstärkt das Feuer durch allmäliges Anlegen von Scheitholz, bis der Rauch an der Gicht sich allmälig verliert und die klare Flamme hervorzubrechen beginnt. Die Kalksteine leuchten dabei mit weißem Lichte, obgleich sie keine höhere Temperatur, als etwa Gelbglühhitze angenommen haben.*) Ist dieser Punkt erreicht, so läßt man das Feuer ausgehen und zieht die Kalksteine nach dem Erkalten heraus. Gewöhnlich zeigt sich nur die mittlere Schicht ganz vollkommen gaar und richtig gebrannt, da die untersten Schichten leicht eine zu hohe Temperatur annehmen, die nur bei absolut reinem kohlensauren Kalke ohne Nachtheil sein würde, bei den gewöhnlich aber angewendeten, mit Thon, Sand &c. verunreinigten Kalksteine, leicht eine partielle Verschlackung zu Wege bringt. Solcher todtgebrannter Kalk läßt sich nur schlecht oder gar nicht löschen und ist daher zum Mörtel ungeeignet. Auch die Flugasche des Brennmaterials kann,

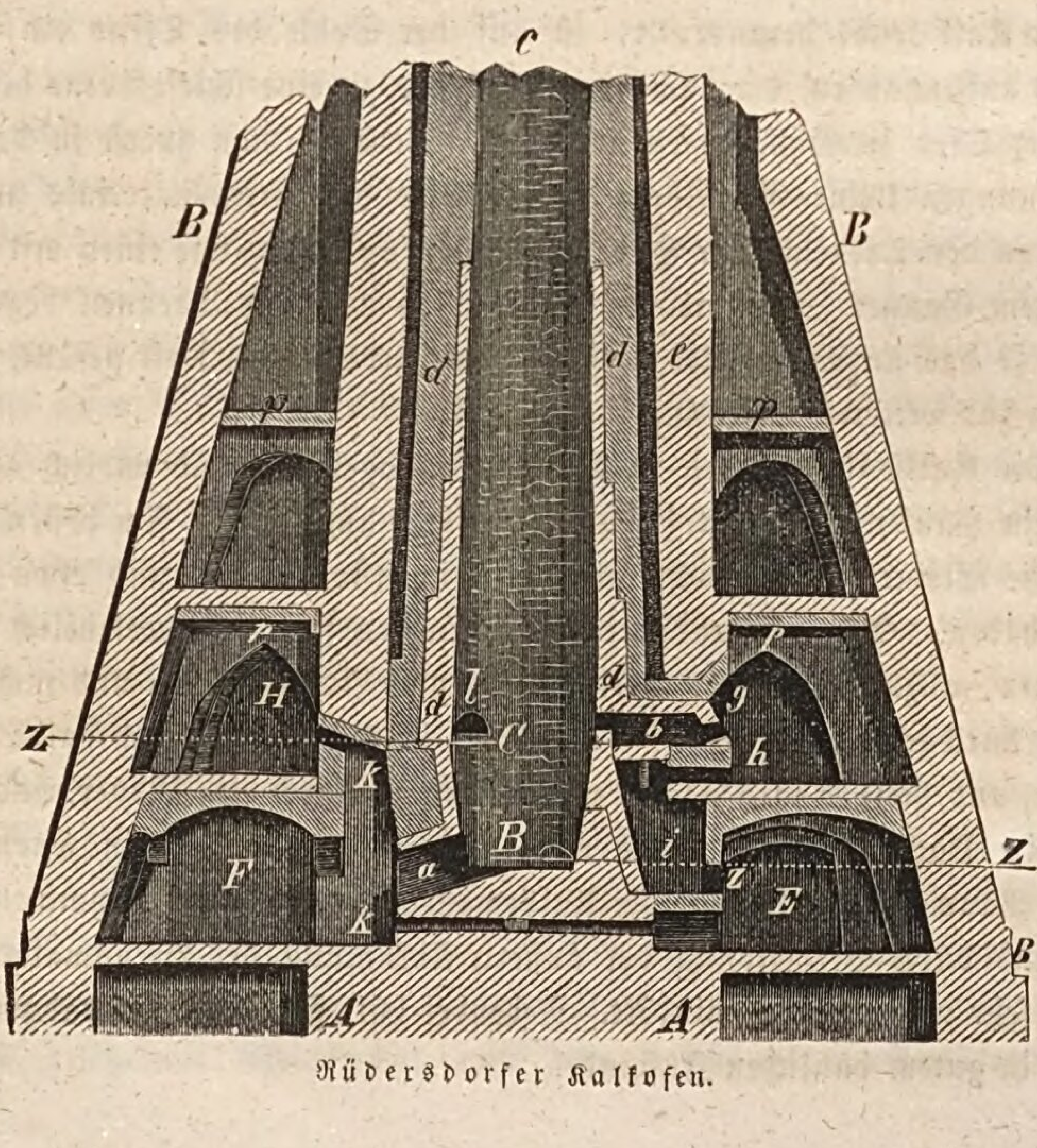
*) Es ist dies eine Erscheinung, die vielen feuerbeständigen weißen Körpern, besonders aber den alkalischen Erden zukommt.

indem sie auf dem Kalke eine undurchdringliche Schlackenschicht bildet, das Entweichen der Kohlensäure trotz der hohen Temperatur verhindern. Man thut daher wohl, wenn man die Temperatur nur langsam steigert, damit die Kohlensäure Zeit gewinnt zu entweichen, ehe sich eine solche Schlackenkruste erzeugen kann. In der obersten Schicht dagegen erscheint der Kalk oft zu wenig gebrannt, er hat ohngefähr bloß die Hälfte seiner Kohlensäure verloren, fühlt sich hart und schwer an und läßt beim Löschen grobe Stücke zurück. Wollte man auch die oberen Schichten vollständig durchbrennen, so müßte man eine Menge sehr heißer Gase frei in die Luft entweichen lassen, und damit eine Masse Brennmaterial verschwenden.

Alle diese Uebelstände fallen bei den continuirlich gehenden Oefen weg, die zuerst in den großen Kalkbrüchen von Rüdersdorf bei Berlin in Anwendung gekommen sind. Das hier angewendete Modell dient mit geringen Modificationen noch heut zu Tage allen bessern Kalkbrennereien zum Muster.

Was die Construction dieser Oefen anbelangt, so bestehen sie einfach aus einem runden Schachte C (Fig. 108.) von ungefähr 38 Fuß Höhe,

Fig. 108.



Rüdersdorfer Kalkofen.

dessen obere zwei Drittel zum Brennen, dessen unteres Drittel dagegen zum Abkühlen des Kalkes bestimmt ist. Etwa in der Höhe von 12 Fuß über den Boden befinden sich die Feuerungen b, die zu 3 — 5 um den Ofen herum vertheilt sind. Sie besitzen einen 2 Fuß breiten und 3 Fuß langen Rost nebst Aschenfall und sind zum größten Theile in die sehr dicken Mauern des Ofens hineingelegt. Ein Fuchs führt die Flamme in den Ofen. Bei einem Brennmaterial mit wenig Aschenrückstand, wie es das Holz bietet, könnte man, um eine vollständige Rauchverzehrung zu bewirken, eine Construction wie bei den Porzellanöfen anwenden, wo der Luftzutritt von oben durch das Brennmaterial selbst erfolgt. Es ist indessen fraglich, ob nicht gerade eine rauchige, rußige Flamme das Brennen des Kalks sehr erleichtert. In Rüdersdorf verwendet man etwa $^1/_4$ Holz und $^3/_4$ Torf; die Roste sind aus Chamottmasse gefertigt und in der Mitte durch einen kleinen Bogen unterstützt. An der Sohle des Ofens befinden sich die Abzüchte a für den fertigen Kalk. Sie sind meistens in gleicher Anzahl, wie die Feuerungen vorhanden, und liegen diesen gerade gegenüber.

Es sind einfache gewölbte Oeffnungen von etwa 2 Fuß Breite, die während des Brandes durch eiserne Thüren geschlossen werden können. Damit der Kalk leicht herausrollt, ist auf der Sohle des Ofens ein kleiner Kegel B aufzumauern, der nach allen Abzüchten zu eine schiefe Ebene herstellt. Soll der Ofen in Gang gesetzt werden, so erbaut man zuerst in den Abzugsöffnungen kleine Gewölbe zur Aufnahme des Brennmaterials und besetzt dann den Ofen bis zur Höhe der Feuerung, ganz wie einen mit unterbrochenem Gange. Auf dieselbe Weise wird auch das Brennen begonnen, und ist so das untere Drittel des Ofens mit gebranntem Kalk gefüllt, schreitet man zur weiteren Besetzung bis zur Gicht.

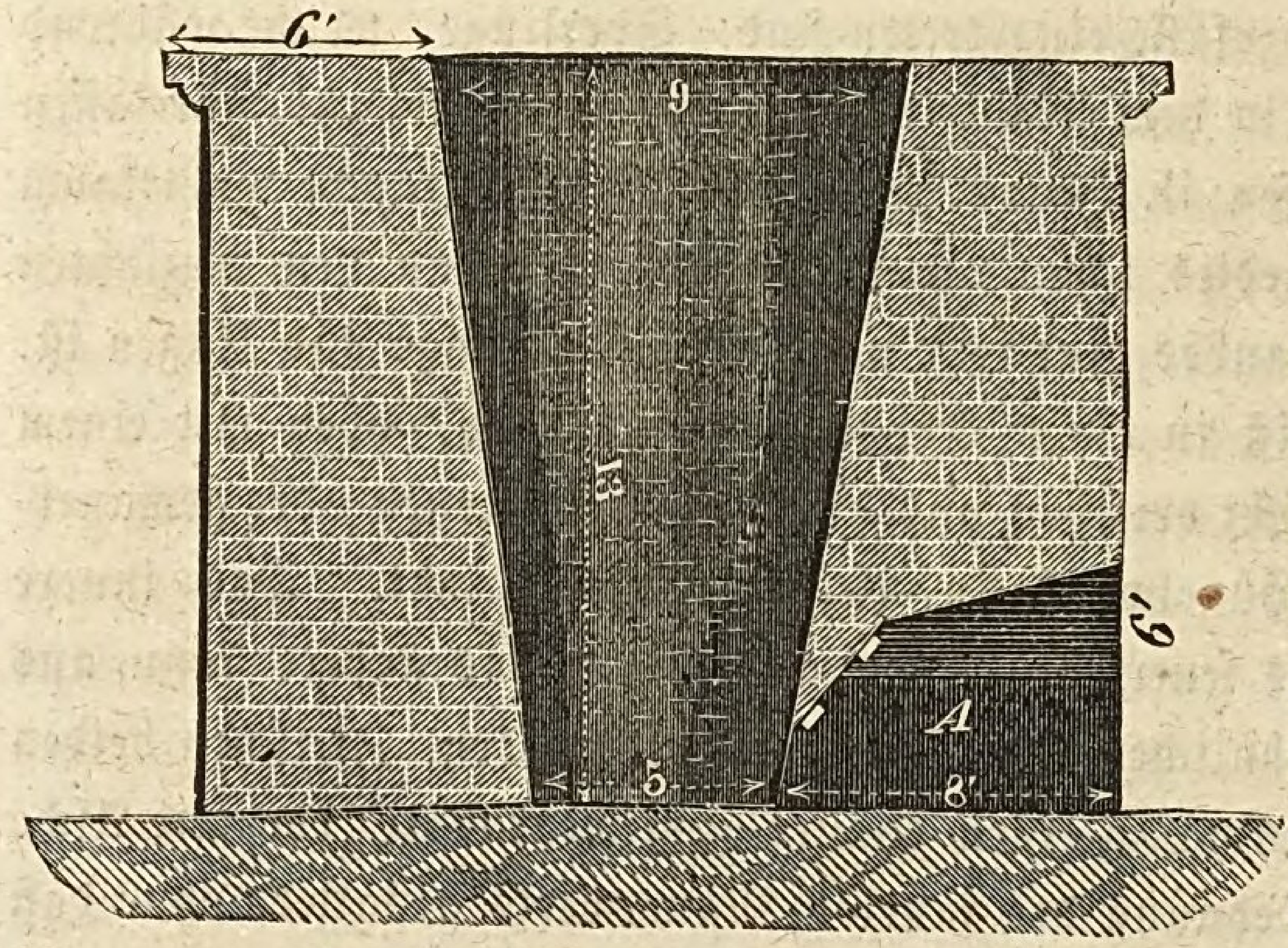
Die Kalksteine werden in Kübeln hinabgelassen und endlich auf die Gicht ein Haufen von circa 4 Fuß Höhe frei aufgesetzt. Am besten ist es, wenn die Steine von möglichst gleichen Dimensionen sind und etwa Faustgröße haben. Allzu kleine Steine würden den Zug sehr wesentlich beeinträchtigen, allzu große nicht regelmäßig genug hinuntergehen und nicht vollständig durchgebrannt werden. Der Ofen ist von außen durch halbe Bogen gestützt, und diese Bogen wieder nach außen zu durch eine Mauer, nach oben durch ein Dach geschlossen. Es werden hierdurch nicht allein warme und trockne Räume E, F, H, für die Aufbewahrung des Kalkes gewonnen, sondern auch durch Vermeidung der äußern Abkühlung der Brennmaterialverbrauch sehr wesentlich vermindert. Nebenbei hält sich der Ofen dadurch auch länger in gutem baulichen Zustande.

Sehr unpassend und gefährlich ist es dagegen, diese Räume zu Wohnungen für die Arbeiter zu benutzen, indem durch die Kohlensäure, welche aus Spalten des Ofens entweicht und sich in diesem Raume ansammelt, häufig schon Erstickungszufälle eingetreten sind. Sperlinge, welche während des Winters die Löcher in dem Mauerwerk zur Wohnung benutzt, verlassen dieselbe, sobald der Ofen in Brand gesetzt wird. Ich brauche wohl kaum hinzuzufügen, daß ohnedies schon die Arbeit besonders an den Abzüchten wegen des feinen Kalkstaubes eine sehr ungesunde für Lunge und Augen ist. Der Ofen selbst ist meist in einen Abhang hineingebaut, oben mit einem Gitter rings um die Gicht versehen und durch einen hölzernen oder gemauerten Laufsteg mit der Hügelwand in Verbindung gebracht. Das innere Mauerwerk dd muß aus feuerfesten Steinen bestehen, das äußere kann aus Bruchsteinen oder gewöhnlichen Ziegeln aufgeführt werden. Zwischen beiden Schichten läßt man zweckmäßig einen kleinen Zwischenraum, der mit Asche gefüllt ist und die Ausdehnung des inneren Mauerwerks gestattet, ohne daß der Ofen Sprünge bekommt. Die Leitung des Feuers ist sehr einfach. Es wird natürlich Tag und Nacht unterhalten, der gebrannte Kalk indessen, um Nachtschichten zu ersparen, meistentheils nur am Tage gezogen. In dem Maaße als unten Kalk ausgezogen wird, muß oben frischer Kalkstein nachgegeben werden. Der ausgezogene Kalk muß vollständig durchgebrannt sein, aber auch nicht zu warm aus dem Ofen kommen. Je nach diesen Kennzeichen wird das Ziehen, das Aufgeben und die Feuerung regulirt.

Wo Steinkohlen zur Disposition stehen, fallen in der Construction der Oefen die besonderen Feuerungen vollständig weg, indem das Brennmaterial schichtenweise mit den Steinen aufgegeben wird. Der Zutritt der Luft erfolgt durch die stets offen bleibenden Abzüchte. In England und Frankreich bedient man sich häufig trichterförmiger Oefen (s. Fig. 109. S. 509), durch welche ein regelmäßigeres Zusammengehen der Gichten bewirkt werden soll. Als Brennmaterial kann man nur Sinterkohlen anwenden, weil die backende Kohle leicht eine vollständige Verstopfung des Ofens bewirken würde. Man braucht keine Stückkohlen anzuwenden, sondern erzielt mit den bei weitem billigeren Kleinkohlen ganz dasselbe Resultat. Beim Ingangsetzen des Ofens besetzt man denselben, indem man über den Abzüchten wieder zuerst kleine Gewölbe baut, dann darauf eine Schicht Kohlen und etwa eine dreimal so starke Schicht von Kalksteinen aufschüttet und so regelmäßig fortfährt, bis man zur Gicht gelangt. Es ist zweckmäßig, wenn man in regelmäßigen Abständen von einander in der Kalksteinschicht Löcher läßt, die mit Kohlen ausgefüllt werden und nach dem vollständigen Ausbrennen als

Zuglöcher fungiren. Nachdem der Ofen auf diese Weise besetzt ist, zündet man in den Abzüchten ein Holzfeuer an, das man bis zur völligen Entzündung der Steinkohlen unterhält, und wartet dann mit dem Ziehen nur so lange, bis die unteren Steine kalt geworden sind. Man kann dann sicher sein, daß der Heerd der lebhaftesten Verbrennung ungefähr in dem ersten Drittel der Höhe liegt. An der Gicht darf nur bei Nacht schwacher Feuerschein zu bemerken sein.

Fig. 109.



Kalkofen für Steinkohlenfeuerung.

Man begreift leicht, daß diese continuirlichen Oefen eine möglichst vollständige Ausnutzung des Brennmaterials und ein möglichst gleichmäßiges Brennen der ganzen Beschickung erlauben und dabei eine sehr große Quantität Kalk produciren. Sollte der Absatz zeitweise stocken, so kann man sich wenigstens für einige Zeit dadurch helfen, daß man sowohl die Gicht, als auch die Abzüchte dicht verschließt, wo der Ofen dann 8 — 10 Tage lang stehen kann, ohne daß darin das Feuer erlischt.

Was nun die Menge des nöthigen Brennmaterials anbelangt, so rechnet man in den kleinen intermittirenden Oefen etwa $7\frac{1}{2}$ Pfd. Holz auf 10 Pfd. Kalkstein, während bei continuirlichem Gange etwa nur $4\frac{1}{4}$ Pfd. verbraucht werden. Der Verbrauch von Torf, Braunkohlen, Steinkohlen steht natürlich im umgekehrten Verhältnisse zu dem Brennwerth derselben. Will man eine Parallele ziehen mit dem theoretisch erforderlichen Brennmaterialquantum, so muß man vor der Hand folgende Data als erwiesen annehmen. Wenn es feststeht, daß der Kalkstein beim vollständigen Gaarbrennen auf circa 750 Grad C. erwärmt werden muß, und daß derselbe ungefähr eine specifische Wärme von 0,33 hat, so bedürfte 1 Pf. Kalkstein demnach 250 Wärmeeinheiten, d. h. 1 Pfd. lufttrockenes Holz, welches deren circa 2500 erzeugt, müßte genügen, um 10 Pfd. Kalkstein vollständig kaustisch zu machen. Das davon so ungemein abweichende Resultat der Praxis läßt sich nur durch die große Wärmemenge erklären, die zur Zerlegung der Verbindung, zur Vergasung der Kohlensäure in Anspruch genommen und latent gemacht wird.

Wären die Data hierfür vollständig gegeben, so würde man wahrscheinlich finden, daß die continuirlichen Oefen wenig mehr, als das theoretisch geforderte Brennmaterial beanspruchen.

Der erhaltene gebrannte Kalk ist meist von weißer oder lichtgelber Farbe. Sein specifisches Gewicht ist gering, was natürlich erscheint, wenn man bedenkt, daß reiner Kalkstein fast $^3/_7$ seines Gewichtes durch das Brennen verliert, ohne darum sein Volumen wesentlich zu ändern. Unvollkommen gebrannte Steine erkennt man daher sogleich an ihrer größeren Schwere und dem hellen Klang, den sie beim Anschlagen zeigen. Die kaustischen Eigenschaften des gebrannten Kalks treten erst bei seiner Verbindung mit Wasser hervor, und er findet daher meist nur im gelöschten oder Hydratzustande Anwendung.

Nur in einzelnen Fällen, wo man zugleich seine starke Absorptionskraft für Wasser benutzen will, z. B. bei der Bereitung von trocknem Ammoniakgas oder von wasserfreiem Alkohol, wendet ihn der Chemiker ungelöscht an, muß ihn aber alsdann mechanisch pulvern, was wegen des reizenden Staubes eine sehr unangenehme Operation ist. Diese zur Vollendung der Reaction unumgänglich nöthige feine Vertheilung wird durch das Löschen auf's einfachste erreicht. Läßt man den gebrannten Kalk einige Zeit an der Luft liegen, so zerfällt er zu Pulver, indem er Wasser und Kohlensäure anzieht. Selbst bei längerer Dauer der Einwirkung wird die Absorption der Kohlensäure nicht weit über die Formel $CaO + CO^2 + CaO + HO$ hinausschreiten. Die Masse ist feinstaubig, zeigt indessen immer noch so viel Festigkeit und Schärfe der Theilchen, daß man dieses Pulver mit Vortheil als Polirmittel für Metalle anwenden kann. Besonders soll der magnesiareiche Kalk, nach dem Zerfallen nochmals scharf erhitzt, ein vortreffliches Polirmittel liefern, das unter dem Namen Wiener Putzkalk in den Handel kommt. Wird der frisch gebrannte Kalk mit Wasser besprengt, so erhitzt er sich beträchtlich bis zu 300° C. und darüber*), bläht sich auf und zerfällt endlich zu einem feinen weißen, ganz homogenen Pulver, das sich indessen durch seine größere Weichheit und die Abwesenheit der Kohlensäure aus-

*) Die Erhitzung ist bei Anwendung großer Mengen so bedeutend, daß leicht entzündliche Körper, wie Schießpulver, Papier sich dadurch entflammen können. Selbst Schiffe, die mit Kalk geladen waren und ein Leck bekommen hatten, oder Kalkwagen, welche durch einen Regen betroffen wurden, sind dadurch entzündet worden.

zeichnet. Wird möglichst wenig Wasser angewendet und steigt deshalb die Temperatur zu hoch, so fühlt sich das Pulver sandig an, vermehrt sein Volumen nur unbedeutend und ist nach dem Ausdrucke der Arbeiter verbrannt. Selbst ein sehr reiner und gut gebrannter Kalk kann durch ein Versehen der Art beim Löschen mager erscheinen, liefert dann beim Zusatze von mehr Wasser nur einen kurzen, klümprichen, keinen steifen, fetten Brei, verträgt nur wenig Sand, um zur Mörtelconsistenz zu gelangen, kurz, er kann in allen Beziehungen mit dem sogenannten magern Kalke verglichen werden, den man durch Brennen unreiner, Sand und Magnesia haltender Kalksteine erhält. Diese letztere Base bildet kein Hydrat beim Uebergießen mit Wasser und verhält sich daher zum Kalke, wie irgend eine andere mechanische Beimengung.

Um aus einem reinen Kalk einen möglichst ausgiebigen Kalkbrei, demnach möglichst viel Mörtel zu erhalten, muß man folgendermaßen verfahren. Man bringt eine nicht zu kleine Menge desselben im frisch gebrannten Zustande in einen aus Bohlen zusammengesetzten Kasten, der eine mittelst eines Schiebers verschlossne Oeffnung besitzt, durch welche man die Kalkmilch in eine flache Erdgrube ablassen kann.

Hierauf wird soviel Wasser zugesetzt, daß der Kalk gleichmäßig benetzt erscheint, und nun die anfangende Erwärmung abgewartet. Tritt dieselbe ein, so setzt man allmälig mehr Wasser hinzu, so indessen, daß nicht durch allzuhastigen Zusatz die Temperatur zu bedeutend herabgedrückt wird. Die Masse muß lebhaft sieden und der Kalk sich schließlich in dem im Ueberschuß zugesetzten Wasser zu einer feinen Milch aufschlemmen, ohne steinige Theile in allzugroßer Menge zurückzulassen. Sollte der Kalk sich allzuträge löschen, so kann man die Reaction durch Anwendung von warmem Wasser wesentlich beschleunigen. Am allerwenigsten in diesem Falle ist es rathsam, sogleich die ganze Masse des kalten Wassers zuzusetzen, da eine gewisse Temperaturerhöhung zur vollständigen Hydratbildung nothwendig zu sein scheint. Manche thonreiche Kalksorten lassen sich gar nicht auf diese Weise behandeln. Der sogenannte Graukalk, der in der Schweidnitzer Gegend von Schlesien vielfältig angewendet wird, muß zu einem kegelförmigen Haufen zusammengesetzt und mit der Brause einer Gießkanne benetzt werden, worauf man ihn sogleich mit Sand bedeckt und das Löschen vor sich gehen läßt. Er quillt nur wenig auf, zerfällt indessen zu einem hinreichend feinen Pulver, das nun mit dem zum Bedecken angewendeten Sande gemengt und mit mehr Wasser zu Mörtel eingemacht wird. Es scheint, als ob das Zu-

sammenhalten der Wärme durch die Bedeckung mit Sand das Löschen wesentlich erleichtere.

Die aus gutem fetten Kalk erhaltene Kalkmilch wird nunmehr in die Kalkgrube abgelassen, wo sich das Kalkhydrat zu Boden setzt, während oben auf das Kalkwasser schwimmt oder sich allmälig in den Boden verzieht.*)

In den Gruben gewinnt der Kalk bei längerem Stehen bedeutend an speckiger Beschaffenheit, indem die immer noch beigemengten ungelöschten Theilchen sich auch noch mit Wasser verbinden. Allmälig bildet sich auf der Oberfläche eine zusammenhängende Schicht von kohlensaurem Kalk und unter derselben bleibt nun das Kalkhydrat vollständig unverändert, selbst durch Jahrhunderte hindurch. Man hat auf Schloß Landsberg im Meiningischen und, wenn ich nicht irre, auch in den Ruinen des Schlosses Mannsfeld in der Nähe von Eisleben alte, wenigstens 300 Jahre verschüttete Kalkgruben aufgefunden, die so wohl erhaltenen gelöschten Kalk enthielten, daß er zum Bauen mit verwendet werden konnte und eine ziemlich bedeutende Ersparniß ermöglichte. Die Anwendungen des Kalkhydrats bei chemischen Prozessen sind an den betreffenden Stellen, soweit es nöthig, angeführt worden. Hier beschäftigt uns nur die Verwendung desselben als Kitt für unsre Bauten, eine Verwendung, zu der mindestens 90% der Gesammtproduction der Kalköfen dienen müssen.

Der **Luftmörtel** ist ein Gemenge von Kalkhydrat und Sand, das durch beigemengtes Wasser eine steife breiartige Consistenz erhalten hat und zwischen unsere Bausteine gebracht, dieselben unter Einfluß der Luft im Laufe der Zeit fest verbindet. Man kann den Sand in um so größerer Menge zusetzen, je fetter der Kalkbrei ist, je mehr derselbe von dem eigentlichen Bindemittel, dem Kalkhydrate enthält. Der Sand ist gewöhnlich Quarzsand, da dieser fast überall in großen Mengen dicht unter der Ackerkrume zu haben ist. Man kann indessen auch Kalkstein- oder Feldspathsand

*) Das Kalkwasser ist die Auflösung des Kalkhydrats in Wasser. 1 Theil Kalkhydrat löst sich in ungefähr 400 Th. kalten oder in 800 Th. heißen Wassers auf. Es schmeckt und reagirt alkalisch und trübt sich an der Luft oder beim Durchblasen von Kohlensäure (z. B. des thierischen Athmens), indem der Kalk als unlöslicher kohlensaurer Kalk ausgeschieden wird. Reines Kalkwasser muß auf diese Art behandelt, seine alkalische Reaction am Ende ganz verlieren. Wenn dies nicht der Fall ist, so enthält der Kalkstein Spuren von Alkalien, die sich natürlich nur in dem ersten Wasser, mit dem der Kalk übergossen wird, aufgelöst befinden.

ohne weiteres anwenden, muß indessen dafür sorgen, daß diese Zusätze weder organische Theile, noch lösliche Salze enthalten, wovon die ersteren eine Färbung des Mörtels, die anderen ein Auswittern der Salze und dadurch ein Abfallen des Kalkbewurfes zur Folge haben würde. Wenn wir uns auf Quarzsand beschränken, so wird man von diesem den scharfkantigen gegrabenen Sand dem abgerundeten Flußsande und mehr noch dem salzhaltigen Meersande vorziehen, ihn eventuell aber von thonigen und organischen Theilen durch Auswaschen, oder wenn es thunlich, durch Ausglühen befreien. Scharfkantiger Sand bietet im Vergleich zum runden eine größere Oberfläche dar, an der das Bindemittel haftet.

Man sondert den Sand gewöhnlich durch Sieben in Nummern von verschiedener Feinheit. Wird die Frage aufgeworfen, welche von diesen Nummern man zum Mörtelzusatze verwenden solle, so erscheint es als das räthlichste, weder zu feinen, staubförmigen, noch zu groben, kiesartigen Sand zu wählen.

Für Mörtel, der für große Fugen, wie sie die Bruchsteine lassen, bestimmt ist, wird ein gröberes Korn zulässig sein, als für Ziegelmörtel, und für den zum Putz bestimmten Mörtel endlich, muß ein ganz gleichmäßiges feines Korn gewählt werden. Den festesten und dichtesten Mörtel erhält man, wenn man ein Gemenge von feinen und groben Körnern im richtigen Verhältniß anwendet. Man füllt ein Maaß, z. B. einen Cubikfuß mit dem groben Sande locker an und mengt nun so viel von dem feinen Sande zu, als durch Ausfüllung der leeren Zwischenräume noch in das Maaß hineingeht, notirt sich die verbrauchten Mengen und mischt dann den ganzen Mörtel nach diesem Verhältniße. Das Anfertigen des Mörtels geschieht auf sehr einfache Weise, am besten indessen mit einem fertigen Kalkbrei in einen Mörtelkasten, durch Einmengen des Sandes und allmäliges Zusetzen von Wasser. Braucht man geringere Mengen, welche nicht die Kosten eines besondern Kalkkastens 2c. lohnen, so wird auch wohl der Sand auf einer geebneten Stelle des Bodens in einer flachen Schicht ausgebreitet, in deren Mitte man den zu löschenden Kalk legt und mit einem kleinen Walle von diesem Sande umgiebt. Man löscht denselben alsdann durch das Begießen mit Wasser und, sobald er anfängt zu zerfallen, mengt man unter allmäligem weiteren Wasserzusatz den Sand bei. Ein Austrocknen des Mörtels an der Luft und frisches Anweichen desselben mit Wasser ist zu vermeiden, da seine Bindekraft dadurch wesentlich vermindert wird.

Die Erhärtung des Luftmörtels erfolgt bei längerem Feuchtbleiben durch Anziehung von Kohlensäure aus der Luft. Kalkhydrat für sich an der

Luft liegen gelassen, trocknet zu einer pulverigen Masse aus, die Kohlensäure, indessen nur in geringer Menge, aufgenommen hat und fast gar keine Bindekraft besitzt. Ein ganz anderer Vorgang tritt ein, wenn durch Einschließen des Mörtels in den Steinfugen einerseits die Austrocknung verlangsamt, andrerseits durch Einmengen des Sandes die Oberfläche, auf der das Kalkhydrat vertheilt und der Einwirkung der atmosphärischen Kohlensäure ausgesetzt ist, bedeutend vergrößert wird. Das Wasser im Mörtel müssen wir uns natürlich mit Kalk gesättigt denken. Setzen wir Kalkwasser der Einwirkung der Atmosphäre aus, so überzieht es sich mit einem krystallinischen Häutchen von kohlensaurem Kalk, das sich besonders an die Wände des Gefäßes sehr fest ansetzt, so daß es kaum durch Reiben, sondern nur durch Auflösen mit Säuren zu beseitigen ist. Derselbe Vorgang muß natürlich im Mörtel, indessen in weit ausgedehnterem Maaße, stattfinden, weil hier eben eine so sehr vergrößerte Oberfläche durch die Sandkörnchen geboten ist. Indem das Wasser immer wieder von Neuem Kalkhydrat auflöst und kohlensauren Kalk an den Sandtheilchen absetzt, werden diese schließlich mittelst desselben zu einer festen Masse verbunden, die nunmehr auch dem Wasser Widerstand leistet, indem wohl das Kalkhydrat, nicht aber der kohlensaure Kalk im überschüssigen Wasser auflöslich ist. Während auf der Oberfläche der Mauer, beim Abputzen, dieses Erhärten des Luftmörtels ziemlich rasch fortschreitet, ist in der Mitte von dickem Mauerwerk der Luftzutritt so beschränkt, daß oft Jahrhunderte vergehen müssen, ehe alles Wasser verdunstet, ehe die letzten Spuren von Kalkhydrat ihre Zurückverwandlung in Kalkstein durchgemacht haben. Dann freilich hat auch dieser alte Mörtel eine Festigkeit erlangt, die der Härte der besten Bausteine nichts nachgiebt. Das imposanteste Beispiel dieser Art liefert der Thurm des Heidelberger Schlosses, welcher bei der vandalischen Zerstörung dieses edlen Bauwerkes durch die Franzosen durch die Gewalt des Pulvers zwar in zwei Theile zerbarst, von denen der eine aber, ohne zu brechen, sich in dem Graben senkte und dort noch heut zu Tage gleich einem ungeheueren Felsblocke unerschüttert ruht.

Aus diesen Deductionen kann man verschiedene Beobachtungen erklären, die wir beim Bau eines jeden Hauses zu machen Gelegenheit haben. Der Maurer spritzt die Ziegel vor dem Auftragen des Mörtels immer erst mit Wasser an, damit dem Mörtel durch die porösen Steine das Wasser nicht zu rasch entzogen werde, das als Träger des Kalks zum Erhärten durchaus nöthig ist. Er reibt ferner die Steine dicht auf einander, damit die Mörtelfugen nicht zu groß werden, indem natürlich bei dünnen Schichten die

Bindung der Kohlensäure rascher vollendet wird. Sie erklären es endlich, warum ein allzu heißes, trockenes Wetter dem Bauen ebenso wenig günstig ist, als ein zu regnerisches, welches den Mörtel wegspült. Wenn das Haus nicht unmittelbar bezogen werden soll, wenn man Zeit hat und lieber die Festigkeit des Mauerwerks in den Vordergrund stellen will, ist es sogar rathsam, bei allzuheißem Wetter durch Besprengung mit Wasser der allzuraschen Austrocknung vorzubeugen. Diese Bildung von kohlensaurem Kalk ist entschieden der wichtigste Vorgang beim Erhärten des Luftmörtels. Ob aber nicht im Laufe der Zeit durch die Einwirkung des Kalkes auf den beigemengten Quarz eine allmälige Bildung von Kalksilicat eintritt, ist noch nicht ganz entschieden. Es ist nicht zu läugnen, daß die Sandkörnchen in altem Mauerwerk sich angefressen zeigen und daß der sie umgebende Kalk, beim Auflösen in Salzsäure, Kieselsäure im gallertartigen Zustande hinterläßt.

Wie bekannt, wird der Kalkmörtel, mit feinerem Sande bereitet, auch zum Ueberziehen der Wände und Decken benutzt. Es ist wichtig, diesen Ueberzug beim Beginnen des Erhärtens zu schlagen und zu reiben, damit er dichter und fester wird. Er erlangt dadurch auch eine ebene glatte Fläche. Zum bessern und raschern Haften soll ein Gypszusatz gute Dienste leisten.

Der berühmte Marmorstucko der Alten wurde ganz ähnlich bereitet, nur daß statt des Sandes ein Zusatz von Marmorpulver gegeben wurde. Der unmittelbar auf die feuchte Ziegelmauer aufgetragene Stuck zeigt Marmorstücken von 1 $\frac{1}{2}$ bis 2 Millimeter Durchmesser. Darauf ist gewöhnlich noch eine Schicht von etwa Liniendicke aufgesetzt, bei der die eingemengten Körnchen kaum die Hirsenkorngröße erreichen. Durch regelmäßiges Reiben und Comprimiren beim Auftragen, sowie durch ein nachfolgendes Poliren mit abgerundeten Steinen oder besser mit der geschliffnen Kante eines Spiegelglases kann dieser Stuck eine ausgezeichnete Glätte und schönen Glanz annehmen.

Hydraulischer Kalk. Cement. Zu den gewöhnlichen Bauten, die bloß temporär bei Regenwetter mit dem Wasser in Berührung kommen, genügt der erwähnte Luftmörtel vollkommen. Wenn aber das fertige Mauerwerk nachträglich für die Dauer unter Wasser gesetzt wird, wie dies bei Uferbauten, Brücken 2c. unvermeidlich ist, so muß der sogenannte hydraulische Mörtel angewendet werden.

Aus Luftmörtel würde in diesem Falle das unveränderte Kalkhydrat ausgewaschen werden und nur der nicht bindende Sand zurückbleiben. Wir müssen daher ein Bindemittel anwenden, welches durch Wasser nicht ange-

griffen wird, sondern im Gegentheil unter demselben zu erhärten fortfährt. Wir erreichen dies, indem wir eine zeolithartige Substanz, bestehend aus kieselsaurem Kalk und Wasser, sich bilden lassen, eine Verbindung, die außerdem noch Thonerde, Eisenoxyd und andere Bestandtheile aufnehmen kann.

Die Kieselsäure muß sich dazu in dem sogenannten löslichen oder amorphen Zustande befinden und fungirt alsdann als chemischer Bestandtheil des Mörtels. Die Theorie des hydraulischen Mörtels ist von dem berühmten deutschen Gelehrten Fuchs in München schon im Jahre 1828 aufgefunden und durch zahlreiche Versuche festgestellt worden. Der Fundamentalversuch, auf den sich dieselbe stützt, ist folgender. Setzt man zu Kalkwasser gallertartige Kieselsäure, wie man sie aus der Auflösung des Wasserglases durch Zusatz von Salmiak und Aufkochen erhält, hinzu, so wird aller Kalk in Verbindung mit dieser Kieselsäure und Wasser niedergeschlagen. Wenn hinreichend Kalk vorhanden ist, also beim Mischen von Kalkbrei mit dieser amorphen Kieselsäure, erhält man einen vortrefflich erhärtenden hydraulischen Mörtel. Die krystallisirte Kieselsäure, wie sie der Quarz oder der gewöhnliche Sand darbietet, entzieht dem Kalkwasser dagegen keine Spur Kalk.

Die ganze Frage, wie man hydraulischen Mörtel bereitet, reducirt sich demnach darauf, wie man auf wohlfeilstem Wege sich amorphe Kieselsäure verschafft. Dieselbe findet sich in der Natur isolirt in manchen Opalen, Kieselguhren und Achaten, indessen daselbst meist in so compactem Zustande, daß sie nur wenig wirksam sich erweist. Sie findet sich ferner in Verbindung mit manchen Basen in den Producten vulkanischer Eruptionen und analoger technischer Prozesse, z. B. des Hohofenbetriebes, und ist hier aus der krystallisirten Modification durch Einwirkung der Basen, wie Kalk, Eisen- und Manganoxyd entstanden. Dies sind die sogenannten Cemente im engeren Sinne oder die Puzzuolanen.

Im Gegensatz dazu finden sich natürliche Gemische von Thonsilicaten mit kohlensaurem Kalk, welche nach dem Brennen nicht allein amorphe Kieselsäure, sondern auch gleich den nöthigen Kalk enthalten und demnach beim Anmachen mit Wasser gleich fertigen hydraulischen Mörtel liefern. Diese Gemische können mit demselben Erfolge auch künstlich dargestellt werden.

1) Der erste Weg, das Mengen von Cementen mit fettem Kalk war schon den Alten bekannt. Vitruv, Pollio und andere große Baumeister des Alterthums wendeten zu ihren berühmten Wasserbauten Gemenge von Aetzkalk mit Puzzuolane, Traß, Santorinerde und ähnlichen Materialien an, die das an vulkanischen Producten so reiche Italien in ausreichender Menge lieferte. Noch heut zu Tage, wo der

Preis dieser Substanzen unverhältnißmäßig hoch gestiegen ist, benutzt man sie da, wo die Einwirkung des Salzwassers zu fürchten ist, der die gewöhnlichen hydraulischen Kalke nur schlecht widerstehen. Es sind dies im Allgemeinen vulkanische Auswürflinge, fein zertheilte Lava- und Bimsteinbrocken, die auch unter dem Namen vulkanische Asche bekannt sind und sich von den meisten übrigen Gesteinen unsrer Erde durch ihre Aufschließbarkeit durch verdünnte Salzsäure unterscheiden. Es ist anzunehmen, daß die rasche Erkaltung beim Erstarren wesentlich hierauf Einfluß hat, was durch das Beispiel des Granats glaublich gemacht wird, der, für sich unangreifbar, nach dem Schmelzen dagegen leicht durch Salzsäure zerlegt wird. Wenn andere Materialien, welche durch Säuren gallertartig aufgeschlossen werden, wie z. B. Hohofenschlacke, sehr scharf gebrannte Ziegelsteine &c., weniger gut als Cemente wirken, so liegt das wohl größtentheils an ihrer zu geringen Vertheilung, die natürlich bei solchen chemischen Reactionen zwischen zwei festen Körpern eine wesentliche Rolle spielt.

Die wichtigsten dieser Cemente, die in den Handel kommen, sind die Puzzuolane Italiens, die in der Umgegend von Neapel gefördert wird und nichts anderes, als zersetzte vulkanische Asche ist, ferner die Santorinerde, die auf der griechischen Insel Santorin und den sie umgebenden kleinen Eilanden gewonnen wird, und die Puzzuolane sowohl im äußern Ansehn, als auch in der chemischen Constitution sehr nahe steht, endlich der Traß vom Brohlthale am Rhein, der dort in mächtigen grauen Bänken zu Tage ansteht und gleichfalls vulkanischen Ursprungs ist. Er wird an Ort und Stelle gepulvert und in bedeutenden Mengen nach Holland und früher nach England verschifft. Diese Substanzen werden nun in wechselnden Mengen, meistens indessen in den Verhältnissen von 1 : 1 oder 2 : 1 mit gutem gebranntem Kalk gemischt und mit Wasser zu einem dicken Mörtel angerührt, der beim Auftragen auf die Steine rasch erstarrt und im Wasser immer mehr und mehr erhärtet.

2) Die hydraulischen Kalke. Mit Ende des vorigen Jahrhunderts sehen wir die ganze Wasserbautechnik in der Weise sich ändern, daß statt der Gemenge aus Cementen und Luftkalk die eigentlichen hydraulischen Kalke vorwaltend angewendet werden. Der berühmte englische Ingenieur Smeaton hatte 1793 die Aufgabe bekommen, den schon zweimal von den Wellen fortgespülten, sehr wichtigen Eddystone-Leuchtthurm am Eingange des Plymouthsundes neu zu construiren. Mit dem diesem berühmtem Baumeister eigenen Scharfblicke begriff er die Nothwendigkeit, einen dem Wasser

vollständig widerstehenden Mörtel anzuwenden, und schritt, da er die Kosten für die Puzzuolane scheute, zu einer sorgfältigen Untersuchung der in England vorhandenen, dazu etwa brauchbaren Materialien. Er erfuhr von Maurern, daß in der Gegend von Aberthaw ein bläulich grauer Kalk gebrochen würde, der nach dem Brennen dem Wasser Widerstand leiste, und beschloß denselben einer genaueren Untersuchung zu unterwerfen. Sehr erfolgreich war sein Gedanke, ihn mit verdünnter Salpetersäure zu behandeln, ein Versuch, den wir heut zu Tage noch stets anstellen, wenn wir entscheiden sollen, ob ein Kalkstein hydraulischen Kalk liefern kann. Der kohlensaure Kalk löste sich unter Aufbrausen auf, und es blieb ein grauer Schlamm zurück, der sich nach dem Abtrocknen ganz wie gewöhnlicher Thon verhielt. Smeaton begnügte sich nicht mit dieser Ermittelung, sondern schritt noch zu einer quantitativen Bestimmung, der zufolge dieser Thongehalt circa 13% betrug, etwa halb so viel, als die besten hydraulischen Kalke nach Fuchs's Untersuchungen enthalten.

Es zeigte sich demnach auch, daß der aus diesem Kalk bereitete Mörtel bei Weitem weniger fest war, als der mit Puzzuolane bereitete, weßhalb Smeaton noch einen kleinen Zusatz von letzterer gab, wodurch ein Mörtel erhalten wurde, der an Festigkeit unter Wasser alle früheren übertraf.

Im Jahre 1796 stellte ein gewisser Parker Versuche mit eigenthümlichen Kalknieren an, die sich in dem sogenannten Londonthone fanden und durch ihre gelbe Farbe auf einen Eisenoxydgehalt schließen ließen, den schon Smeaton als vortheilhaft erkannt hatte. Der ausgezeichnete Erfolg, den er erhielt, veranlaßte ihn auf seine Versuche ein Patent zu nehmen und mit mehreren andern verbunden eine ausgedehnte Fabrikation derartigen Mörtels anzufangen, der noch heut zu Tage unter dem Namen Romancement vorkommt und beliebt ist. Zu seiner Darstellung bedient man sich gewöhnlich der sogenannten Sheppeystones, d. h. rundlicher braungelber Concretionen, die sich in dem Boden der Insel Sheppey am Ausflusse der Themse in großer Menge finden und die man mineralogisch mit dem Namen Septarien bezeichnet. Die Masse, in welcher sie eingebettet liegen, ist ziemlich hart, und ihre Gewinnung würde daher ziemlich kostspielig sein, wenn nicht die Natur selbst die größte Mühe dabei übernähme. Indem nämlich die Ufer der Insel ziemlich steil sind und fast beständig dem Wellenschlage, besonders bei Fluthzeit, ausgesetzt sind, werden die harten Kalknieren losgespült und lassen sich dann mit leichter Mühe sammeln. Man bringt sie zu Schiffe nach London, wo sich die bedeutendsten Fabriken des Romancements, meist unmittelbar an den Ufern der

Themse gelegen, befinden. Aehnliche Concretionen sollen sich auf der gegenüberliegenden französischen Küste in der Nähe von Boulogne finden und auch dort zu Cement verarbeitet werden.

Sie enthalten c. 25% in Säure unauflöslicher Substanzen, die im Wesentlichen als fein vertheilter Thon betrachtet werden müssen. Der in Säure lösliche Theil besteht größtentheils aus kohlensaurem Kalk, daneben aber auch aus kohlensaurer Magnesia, Eisen- und Manganoxyd. Diese Steine werden nun in gewöhnlichen Kalköfen, indessen mit der Vorsicht gebrannt, daß sie nicht verglasen, alsdann unter stehenden Quetschmühlen möglichst fein gemahlen, durchgesiebt und verpackt. Wenn der Cement dabei Kohlensäure anzieht, so verliert er wesentlich an seiner Güte, kann jedoch durch erneutes schwaches Brennen davon befreit und theilweise wieder brauchbar gemacht werden. Der Eintritt in dergleichen Fabriken ist strengstens untersagt, eine Erfahrung, die ich selbst in London gemacht habe, und es kann daher über die Details der Fabrikation nichts Näheres angegeben werden.

Bei diesem Brennen verliert einmal der kohlensaure Kalk seine Kohlensäure und geht in Aetzkalk über, andererseits wirkt er auf den Thon ein, schließt ihn auf und versetzt seine Kieselsäure in den amorphen Zustand. Wird die Masse nun mit Wasser angemacht, so löscht sich der Kalk unter schwachem Erwärmen und verbindet sich mit Kieselsäure und Wasser zu der obenerwähnten zeolithartigen Verbindung. Wahrscheinlich treten nebenbei Thonerde, Eisenoxyd, Magnesia &c. mit in die Verbindung ein, die dadurch, wie alle Doppelsilicate, noch mehr Widerstandskraft gegen chemische Einflüsse gewinnt.

Damit die Aufschließung einerseits und das spätere Erhärten andererseits möglichst vollständig vor sich gehe, ist eine möglichst innige Mischung des thonigen und kalkigen Bestandtheils ein unumgängliches Erforderniß. Nicht jeder Kalkstein daher, der sich mit einem erdigen Rückstand in Salzsäure auflöst, ist zur Cementfabrikation tauglich, und es ist dieser Grund wesentlich mit die Ursache, warum so manche in Deutschland aus Mergel &c. bereiteten hydraulischen Kalke dem englischen Producte so weit nachstehen. Was die Natur indessen nicht bietet, kann die Industrie auf künstlichem Wege zu erreichen suchen. Indem man kohlensauren Kalk mit Thon in den richtigen Verhältnissen (c. 75% Kreide und 25% Thon) mit einander auf's innigste mischt und die Masse nach dem Trocknen genau so behandelt, wie die natürlich vorkommenden thonigen Kalksteine, erhält man einen oft vortrefflichen hydraulischen Mörtel. Beweis dafür ist der berühmte Portlandcement, der nur

auf diese Weise hergestellt wird. Er wurde nach zehnjährigen empirischen Versuchen 1824 von einem gewöhnlichen Maurer Namens J. Aspdin erfunden, dessen Fabrik noch heut zu Tage im lebhaften Betriebe steht. Es hatten schon vorher Versuche in dieser Richtung stattgefunden, indessen kein Resultat ergeben, weil man theils nicht den richtigen Procentsatz von Thon, theils nicht die richtige Thonsorte genommen hatte. Dieselbe muß sehr fett und fein vertheilt sein, um mit dem Kalke eine möglichst innige Mischung zu erzielen.

In dieser Beziehung verhalf ein glücklicher Zufall den Engländern zu einem vortrefflichen Material dieser Art. General Pasley war beauftragt worden an der Ingenieurschule zu Chatam den Offizieren praktische Baukunde vorzutragen. Hierdurch veranlaßt nahm er seine Versuche über hydraulischen Mörtel wieder auf und erhielt durch Mengung von Kreide und Thon ganz leidliche Resultate; den dazu nöthigen Thon nahm er von Darland.

Einmal war derselbe ausgegangen, und ein mit der Mischung beauftragter Soldat nahm statt dessen den Flußschlamm des hier vorbeiströmenden Medway. Das Resultat war, daß man einen ganz ausgezeichneten Cement erhielt. Dieser Thonschlamm ist von lichtbläulicher Farbe, sehr fein vertheilt und fast sandfrei. Er enthält neben Thon noch kohlensauren Kalk, etwas Eisenoxydul und organische Substanzen; ferner aber auch, wahrscheinlich wegen des Eindringens des Meerwassers zur Zeit der Fluth, nicht unbedeutende Mengen von Natron. Die Verhältnisse, welche Pasley als die besten feststellte, betragen 5 Maaßtheile Kreide auf 2 Maaßtheile feuchten Thon. Pasley beobachtete noch, daß der Thon durch Liegenlassen an der Luft durch Eisenoxydbildung braun wurde und dann weniger guten Cement lieferte.

Soll gebrannter Kalk statt der Kreide dem Thone beigemengt werden, so muß man 1 Gewichtstheil desselben auf 2 Gewichtstheile feuchten Thon anwenden, was ungefähr obigen Verhältnissen entsprechen würde. Die Kreide wird entweder unter stehenden Mühlsteinen trocken zerrieben oder besser auf der beim Porzellan erwähnten Thonschlammmühle naß gemahlen. Die feinsten Theile werden durch das Wasser fortgeführt und setzen sich als feiner Schlamm ab, der nun mit dem frisch ausgestochenen Thone in einem gewöhnlichen, aber ziemlich hohen Thonschneider gemischt wird, worauf man die Masse in Ballen formt und langsam trocknet. Durch gleichzeitiges Schlemmen des Thons und der Kreide würde einerseits das Alkali des Thons ausgewaschen werden, andrerseits das eben erwähnte sogenannte Abstehen

des Thones (die Umwandlung ins Lichtbraune) eintreten, das von den Fabrikanten so sehr gefürchtet wird. Die innige Mischung von Kreide und Thon ist gerade beim Medway-Thone nicht so durchaus nothwendig, indem derselbe wie ich oben angeführt, schon kohlensauren Kalk beigemengt enthält und zwar wahrscheinlich so viel, daß die Aufschließung des Thons schon durch diesen Kalkgehalt zur Noth erfolgen könnte.

Die große Festigkeit, die der Portlandcement beim Erhärten annimmt, beruht nach der Untersuchung von Pettenkofer nicht allein auf seiner vorzüglichen chemischen Zusammensetzung, sondern sie hängt wahrscheinlich auch mit seinem großen specifischen Gewichte zusammen. Vom Portlandcement geht in ein bestimmtes Maaß viel mehr hinein, als von ganz ähnlich bereitetem hydraulischen Mörtel von anderen Bezugsquellen. Es müssen sich daher auch die Theilchen des Mörtels viel dichter zusammenlegen und natürlich unter sonst gleichen Verhältnissen viel inniger verbinden. Es wäre möglich, daß diese Erscheinung durch ein starkes Pressen der zu Ziegeln geformten Masse herbeigeführt würde. Wenigstens läßt sich hiermit auch die fernere Beobachtung Pettenkofer's in Einklang bringen, welcher unter dem Mikroscop den Portlandcement aus feinen Plättchen bestehend fand, während die übrigen Cementsorten sich als rundliche unregelmäßige Körnchen darstellten. Da die Pressung der Ziegel, besonders von zwei Seiten aus stattfindet, so wäre eine solche schiefrige Structur nicht undenkbar. Das Brennen dieses Portlandcements erfolgt in continuirlich gehenden, trichterförmigen Schachtöfen mit Steinkohlenklein.

Man kann den richtigen Grad des Brennens am besten dadurch controlliren, daß man die gezogenen Steine mit Salzsäure prüft. Brausen sie stark, so ist die Kreide noch nicht vollständig zersetzt, und sie müssen wieder oben aufgegeben werden; brausen sie nicht mehr, so sind sie richtig gebrannt; sind sie geflossen und viel dunkler, als vor dem Brennen, so ist die Temperatur zu hoch gestiegen, und das Product ist als Cement unbrauchbar.

Die gebrannte Masse wird zuerst zwischen Quetschwalzen, dann auf horizontalen Mühlsteinen auf's feinste gepulvert, gesiebt und in gut verschlossne Tonnen verpackt. Wird der so erhaltene Cement mit Wasser angemacht, so erwärmt er sich binnen 10 — 12 Minuten, indessen nur so weit, daß man die Masse noch bequem in der Hand halten kann. Bei zu viel Kalk steigt die Temperatur höher, bei zu wenig wird der Mörtel zu langsam warm und bindet weniger rasch. Durch zu langes Liegen an der feuchten Luft wird er unbrauchbar, indem die zeolithartige Verbindung sich

schon zu bilden beginnt, und läßt sich dann kaum noch durch erneutes Glühen brauchbar machen.

Diese Cemente werden nun meistentheils folgendermaßen angewandt: Man macht sie mit Wasser zu einem steifen Brei an, den man, ehe die Reaction beginnt, also bei guten Cementen möglichst rasch, auf die vorher gut angenäßten Steine aufträgt und durch den aufgelegten Stein gut festreibt. Den herausgequollenen Cement streicht man glatt in die Fugen ein. Nach etwa einer halben Stunde beginnt der Cement anzuziehen, und nach etwa 24 Stunden ist dieser Prozeß vollständig beendet. Nun kann man das Mauerwerk ohne Weiteres unter Wasser setzen und wird finden, daß der Cement anstatt dadurch aufzuweichen von Tag zu Tage härter wird. Bei Bauten, wo es nicht auf allzugroße Festigkeit ankommt, kann man 2 — 3 Theile Sand zusetzen, um an den Kosten zu sparen.

Die Festigkeit, die guter Cement annimmt, so wie die Adhäsion an den Steinen ist enorm. Ausgezeichnete Proben davon waren auf der Weltausstellung in London zu sehen, die einen wirklich überraschenden Eindruck machten. Um nur ein Beispiel anzuführen, so hatte man einen horizontal liegenden Balken mit Cement gemauert, indem man ohne alles untergestelltes Gerüst einfach die Backsteine mit Cement aneinander klebte. Diese Balken trugen nicht allein sich selbst, sondern außerdem noch wahrhaft enorme Gewichte, und wenn sie brachen, geschah der Bruch fast nur, indem einer der angewendeten Ziegelsteine in der Mitte durchbrach. Mir selbst ist folgender interessanter Fall bekannt. In einer Melassenspiritusfabrik, die aus der Schlempe Pottasche bereitet, waren zur Aufnahme der zur Syrupsconsistenz verdampften Schlempe, sowie zur Aufbewahrung der conc. alkalischen Laugen verschiedene Bassins aus Ziegeln mit Portlandcement aufgeführt worden. Dieselben hielten ausgezeichnet wasserdicht und waren die einzigen, die nicht durch die Pottaschenlauge durchdrungen wurden. Eines desselben von 6 Fuß Höhe und 6 Fuß Durchmesser befand sich in seiner ganzen Höhe im Erdboden versenkt. Durch eine Veränderung der Anlage wurde die Stelle, wo es stand, in Anspruch genommen, und die Maurer sollten es demgemäß abbrechen. Statt dessen beschloß der Besitzer der Fabrik dasselbe, so wie es war, nach einer andern etwa 20 Fuß entfernten Stelle zu transportiren. Man entblößte das Bassin ringsherum von Erde, schob Walzen unter und transportirte es nun mittelst Hebebäumen und Winden nach seiner neuen Stelle. Dasselbe wog circa 80 Ctr. und steht auf seinem neuen Standpunkte so unverletzt als je.

Selbst eine ziemlich dünne Cementschicht genügt, um eine vollständige Wasserdichtheit herzustellen, wenn sie nur hinreichend sorgfältig ausgeführt ist. Mit Sand angemengt und zu einem nicht zu dünnen Brei angemacht, läßt sich der Portlandcement zum Gusse von Verzierungen und Figuren anwenden, die allen Unbilden der Witterung vollständig widerstehen, ja dadurch nur immer fester werden. Wäre der Portlandcement zu einem billigeren Preise herzustellen, so würde derselbe ohne allen Zweifel alle übrigen Dachbedeckungen verdrängen. Mit Sand gemengt und in dünnen Lagen auf einem Bretterverschlag aufgegossen, bildet er ein Dach, welches dem Regen und Schnee, diesen Zerstörern unserer Ziegeldächer vollständig Widerstand leiste, außerdem aber sehr leicht und feuersicher ist. Feuchte Keller können durch den Portlandcement vollkommen trocken gemacht werden. In einer dünnen Schicht auf das Fundamentmauerwerk aufgetragen, schützt er die aufgesetzten Mauern wesentlich vor dem Eindringen der Feuchtigkeit. Sehr zweckmäßig ist es ferner, denselben zum Ausfugen der Steine beim Rohbau anzuwenden, indem dadurch neben einem sehr netten, saubern Aussehen, auch eine sehr lange Dauer der Mauer garantirt wird. Eine sehr ausgedehnte Anwendung wird von den hydraulischen Mörteln, freilich meist von billigeren Sorten, zum Fundamentiren gemacht. Um diesen sogenannten Beton oder Concrete herzustellen, mischt man dem auf gewöhnliche Weise hergestellten Mörtel grobe Kiesel, besser noch eckige Steinbrocken bei und wirft diese Masse, wo möglich von einer gewissen Höhe in die vorher hergestellte Fundamentgrube. Durch diesen Fall wird die Masse zusammengedrückt und erhärtet besser. Für Fundamente, welche verhältnißmäßig trocken liegen, genügt der gewöhnliche fette Kalk; für nasse Fundamente ist dagegen hydraulischer Kalk nothwendig. Dieser Beton hat auch schon beim Bergbau Beachtung gefunden, und eine Anwendung desselben hierbei habe ich selbst Gelegenheit gehabt im Detail kennen zu lernen. In Styringen, in der Nähe von Saarbrücken, indessen schon auf französischem Gebiete, wurde von dem bekannten Bohr-Ingenieur Kind ein Bohrloch von 17 Fuß Weite auf Steinkohlen niedergetrieben, das später zugleich als Förder- und Fahrschacht dienen soll. Um die Wände vor dem Einstürzen zu bewahren, setzte Kind dieselben mit großen oben und unten offenen Bottichen aus, die 2 — 3 Zoll starke Dauben von Eichenholz hatten und auf einem besonderen Rade abgedreht und zugerichtet wurden. Der Durchmesser derselben war 16 Fuß, und, nachdem sie vorher mit Eisenbändern umgeben in den Schacht herabgelassen waren, blieb auf jeder Seite ein Zwischenraum von etwa 6 Zoll, der nunmehr mit Beton ausgefüllt wurde.

Derselbe war aus sehr gutem hydraulischen Kalk bereitet, und Kind hatte die feste Hoffnung, daß diese Vorrichtung absolut wasserdicht halten werde, und daß, selbst wenn das Eichenholz verfault, die Betonschicht alsdann so fest geworden wäre, daß die Bottiche ganz entbehrlich würden.

Zum Schluße dieses Capitels erlaube man mir noch die Methode anzuführen, die man zur quantitativen Analyse der Kalksteine anzuwenden hat, eine Analyse, die besonders bei den hydraulischen Kalksteinen von Wichtigkeit ist und die sich mir bei vielen Versuchen als praktisch bewährt hat.

Man verschafft sich zuerst eine fein gepulverte mittlere Probe des zu untersuchenden Steines und wiegt dann das Aequivalent des kohlensauren Kalkes (0,500 Gr.) ab. Man fügt hierzu in einem Becherglase 100 C. C. einer Normalsalpetersäure, die in diesem Volumen (1 Aequ.) 0,540 Gr. reiner Salpetersäure enthält, also genügen würde, wenn selbst absolut reiner kohlensaurer Kalk analysirt werden sollte. Es erfolgt ein lebhaftes Aufbrausen und der Kalk löst sich vollständig auf, welchen Prozeß man durch ein gelindes Erwärmen beschleunigen kann. Zugleich treibt man dadurch auch die gasförmige Kohlensäure aus, die die Genauigkeit der Analyse beeinträchtigen könnte. Ist die Zerlegung vollständig, so sammelt man den unlöslichen Rückstand an Thon rc. auf einem kleinen Filter von aschenfreiem Filtrirpapier, trocknet, glüht und wiegt. Das Filtrat wird mit Lackmus, besser mit Campecheholztinctur, versetzt und nun eine Normalätznatronlösung so lange hinzugesetzt, bis die Bläuung erfolgt. Da der Gehalt derselben so hergestellt ist, daß sie genau ihr gleiches Volumen Normalsalpetersäure sättigt, so braucht man die davon verbrauchten Volumina nur von 100 abzuziehen, um die Cubikcentimeter, welche durch den Kalk gesättigt worden sind, oder bei Anwendung obiger Gewichte die Procente an kohlensaurem Kalk zu finden. Sollte man durch die qualitative Prüfung im Kalkstein noch Magnesia gefunden haben, so kann man sie durch denselben Prozeß bestimmen, indem man der sauern Flüssigkeit vor der Sättigung etwas Zucker zusetzt. Jetzt bleibt der Aetzkalk gelöst und nur die Magnesia fällt nieder, nachdem schon der Punkt der Bläuung erreicht ist. Kann man den Moment, wo diese Fällung vollendet ist, genau erfassen, so ist damit auch die Bestimmung der Magnesia gegeben.

Gyps.

Neben der kohlensauren ist es die schwefelsaure Verbindung des Kalkes, die in der Natur am meisten verbreitet und in der Verbindung mit 2 Atomen Wasser, $CaO + SO^3 + 2 HO$, als Gyps, Alabaster, Marienglas bekannt ist. Auch wasserfreier schwefelsaurer Kalk, der sogenannte Anhydrit kommt obwohl seltner vor, hat indessen für die Industrie keinerlei Interesse. Das Zusammenvorkommen des Gypses mit Steinsalz deutet auf seine Bildung aus Meerwasser unzweifelhaft hin, das ja noch heutigen Tages damit gesättigt ist. Er mag durch Einfluß von Tagewässern nach anderen Orten transportirt sein, er kann ferner durch Einwirkung hoher Temperaturen in Anhydrit*) übergegangen sein, immer ist als seine hauptsächlichste Quelle das Meerwasser zu betrachten.

Der wasserhaltige schwefelsaure Kalk oder Gyps krystallisirt in Formen des zwei- und eingliedrigen Systems, besonders in schiefwinkligen Prismen, die sich durch ihre leichte Spaltbarkeit nach zwei Richtungen auszeichnen. Mineralogisch unterscheidet man mehrere Varietäten desselben, als deren reinste der krystallisirte Gyps, auch Marienglas, Fraueneis, zu betrachten ist. Derselbe findet sich ziemlich verbreitet, nirgends aber wohl in so schönen, absolut farblosen Krystallen, als in der vielen Reisenden wohlbekannten Krystallhöhle bei Friedrichsrode im Thüringerwalde. Eine andere, oft sehr reine Varietät ist der Fasergyps, aus dem verschiedene kleine Luxusartikel, Perlen rc. angefertigt werden, die sich durch ihren sehr angenehmen, seidenartigen Glanz auszeichnen. In den größten Mengen kommt der Gyps in der dichten Varietät vor. Ist dieselbe vollständig farblos, so wird sie als Alabaster zu kleinen Bildhauerarbeiten benutzt, die sich wegen der großen Weichheit des Materials sehr bequem bearbeiten lassen, indessen den Unbilden der Witterung nicht ausgesetzt werden dürfen. Von dem durch organische Theile grau gefärbten dichten Gypse befinden sich sehr große Lager in der Umgegend von Paris, die theils als Bausteine, theils

---

*) Interessant ist es in dieser Beziehung, daß die sehr festen Krusten, welche der Gyps in Dampfkesseln bildet, in ihrer Zusammensetzung sich sehr dem Anhydrit nähern.

Mancher Anhydrit möchte auch wohl der Einwirkung schwefelsaurer Dämpfe auf Kalkstein seine Entstehung verdanken.

als Gypsmörtel in sehr großer Ausdehnung zum Bau der französischen Hauptstadt in Anwendung gekommen sind und derselben das eigenthümlich verfallne schmutzige Ansehen mittheilten, welches den Fremden in früherer Zeit so auffiel. Theils durch partielle Auswaschung der Steine durch den Regen, theils durch das Eindringen der Straßenfeuchtigkeit in die poröse Gypsmasse erhielten besonders die untern Stockwerke ein auffallend verwittertes und düsteres Aussehen.

Schaumgyps und erdiger Gyps sind Abarten, die wahrscheinlich nur von mechanischer Zertrümmerung herrühren und wenig zu beachten sind.

Der Gyps ist in ungefähr 400 Th. Wasser auflöslich und setzt sich aus demselben beim Einkochen desselben an den Wänden der Kochgefäße in oft sehr festen Krusten an, die von unsern Köchinnen irrthümlicher Weise mit dem Namen Salpeter belegt werden. Er ist auch die Ursache des bei den Dampfkesseln oft so lästigen Kesselsteins. Ist eine Fabrik gezwungen, solches gypshaltiges Wasser zur Speisung ihrer Dampfgeneratoren anzuwenden, so ist das einzige, wahrhaft wirksame Mittel der Zusatz von kohlensauren oder ätzenden Alkalien, die sich mit dem Gypse zu schwefelsauren Alkalisalzen und kohlensaurem Kalke zerlegen.*)

Letzterer bildet, so erhalten, nur einen feinen, kaum anhaftenden Schlamm. Selbst zolldicke harte Krusten dieses gypshaltigen Kesselsteins werden auf diese Weise aufgeweicht und unschädlich gemacht. Auf derselben Reaction beruht eine von mir angegebene maaßanalytische Bestimmung des Gypses. Koche ich eine abgewogene Menge Gyps mit einem gemessenen Volumen Normalsodalösung, deren Gehalt an kohlensaurem Natron jedenfalls ausreicht, um allen Gyps in kohlensauren Kalk überzuführen, filtrire den gebildeten kohlensauren Kalk ab und bestimme dann durch Zusatz von Normalsäure, wie viel kohlensaures Natron zurückgeblieben ist, so ergiebt die fehlende Menge sehr genau die Menge von Schwefelsäure, welche der Gyps hergegeben hat.

Diese Schwefelsäure des Gypses spielt bei der Verwerthung des rohen ungebrannten Gypses eine Hauptrolle, und es wäre nur zu wünschen, daß sie sich auf eine leichte Art isoliren und dadurch noch mannichfaltiger verwerthen ließe.

---

*) Ich setze voraus, daß in den meisten Wässern so viel Kohlensäure vorhanden ist, um die angewendeten kleinen Mengen ätzender Alkalien zu sättigen. Dieselben wirken dadurch nebenbei auch fällend auf den sauren kohlensauren Kalk, der neben dem Gypse vorhanden sein könnte.

Die Umwandlung des Kochsalzes in schwefelsaures Natron durch den Gyps, der meist in so colossalen Mengen dicht neben den Salzquellen vorkommt, ist ein bis zum heutigen Tage noch ungelöstes Problem.

Die Zerlegung des Gypses durch die kohlensauren Alkalien habe ich oben schon angeführt; dies ist indessen ein Prozeß, der nur bei dem kohlensauren Ammoniak rentabel ist. In der That wird in einigen Fabriken in der Nähe großer Städte aus dem gesammelten gefaulten Urin, der reich an kohlensaurem Ammoniak ist, dadurch schwefelsaures Ammoniak gewonnen, daß man das wässrige Destillat desselben durch Fässer mit Gyps gehen läßt. Das äußerst flüchtige, kohlensaure Ammoniak wird dabei in das beim Abdampfen krystallisirende schwefelsaure Salz umgewandelt, ohne weitere Kosten für die Schwefelsäure nöthig zu machen. Absolut derselbe Prozeß scheint auch der düngenden Wirkung des Gypses zu Grunde zu liegen. Verbreiten wir denselben auf unsere Felder, bestreuen wir damit das Lager unseres Viehes oder setzen wir ihn dem gesammelten Urin zu, so wird kohlensaures Ammoniak, das sonst in die Athmsophäre verdunsten würde, fixirt und so für unsere Feldfrüchte nutzbar gemacht. Es ist noch zu constatiren, ob einige derselben, wie Erbsen ꝛc. nicht auch die Schwefelsäure und den Kalk direct aufnehmen.

Der berühmte nordamerikanische Staatsmann und Gelehrte Dr. Franklin führte dadurch den Gebrauch des Gypses zum Düngen in Nordamerika ein, daß er den Namen desselben in colossalen Buchstaben auf einer Wiese durch Gypsstreuen selbst bildete. Der erste Regen verwischte die Spuren, um sie aber bald wieder durch den bedeutend üppigeren Graswuchs in dunkelgrünen Zügen hervortreten zu lassen, eine demonstratio ad oculos, der der praktische Erfolg nicht fehlte. Zu dieser Anwendung ist es schon der Billigkeit wegen anzurathen, ungebrannten Gyps anzuwenden. Wegen seines Kalkgehaltes ferner wird der Gyps nur in seltenen Fällen und zwar nur da angewendet, wo man sich auf keine andere Weise einen reinen, eisenfreien Kalk verschaffen kann. So ist schon oben angeführt, daß zu einigen Porzellanmassen und Glasuren sehr scharf erhitzter Gyps in nicht unbedeutenden Mengen zugesetzt wird. Es ist anzunehmen, daß bei der zum Brennen angewandten hohen Temperatur die Schwefelsäure durch den Ueberschuß von vorhandener Kieselsäure ausgetrieben wird und daher nur der Kalkgehalt des Gypses zur Verwendung kommt.

Bei der jetzt zu erwähnenden, sehr ausgedehnten Verwendung des Gypses zum Formen spielt die Bindung des Krystallwassers durch den schwefelsauren Kalk die Hauptrolle. Erhitzen wir gewöhn-

lichen krystallisirten Gyps, so verliert er die ihm eigenthümlichen 2 Aeq. Krystallwasser allmälig vollständig. Das Entweichen des Wassers beginnt im Luftstrom bei 80° C. und kann selbst ohne dieses Hülfsmittel schon bei 115 — 120° vollständig zu Ende gebracht werden. Die durchscheinenden Kristalle werden dadurch weiß und undurchsichtig, zerklüften in der Richtung der Blätterdurchgänge und lassen sich dann mit leichter Mühe in feines Pulver verwandeln. Bringen wir nunmehr diesen gebrannten Gyps mit nicht allzuviel Wasser zusammen, so läßt er sich damit zu einem mehr oder weniger flüssigen Brei zerrühren, der indeß nach wenigen Minuten sich zu verdicken beginnt und endlich zur festen Masse gesteht, die bei genügendem Wasserzusatz und langsamer Erhitzung deutliche, wieder hergestellte Gypskristalle zeigt. Diese Bindung von Wasser ist natürlich von einer obwohl mäßigen Wärmeentwicklung und einer ziemlich energischen Ausdehnung begleitet. Letztere Eigenschaft, augenscheinlich auf dem Gegeneinanderlegen der Kristalle beruhend, bewirkt ein sehr genaues Ausfüllen der Formen, in welche man den Gyps gegossen hat. Es ist derselbe Vorgang, wie beim Gußeisen, das sich ebenfalls im Moment des Erstarrens ausdehnt und dadurch als Gußmaterial so wesentliche Vorzüge vor den übrigen Metallen beansprucht. Die Menge des zum Einmachen des Gypses nöthigen Wassers kann sehr verschieden gewählt werden. Wenn man dem im Erstarren begriffnen Gyps allmälig immer mehr Wasser zusetzt, gelingt es demselben fast die fünffache Menge des Wassers einzuverleiben, ohne daß er die Fähigkeit verliert, zu erhärten.

Die so erhaltenen Güsse zeigen sich dann freilich sehr porös, und bedürfen längerer Zeit zum völligen Austrocknen. Für gewöhnlich werden gleiche Volumina von Gyps und Wasser angewendet, indem man den Gyps mit den Händen portionsweise in das Wasser einträgt. Für sehr feine Theile wird indessen meistentheils eine bedeutend dünnflüssigere Mischung benutzt, wenigstens so weit, daß man die Form zuerst mit einer solchen dünnen Gypsmilch auspinselt, und dann erst zur Verstärkung des Abgusses den consistenten Brei aufgießt. Die Manipulation beim Aufgießen, die Zusammensetzung der Formen, das Vorbereiten derselben durch Oelen, Einlassen mit Wachs- oder Stearinsäure, kurz alle diese rein mechanischen Arbeiten liegen den Zweck dieses Werkes zu fern, um hier näher auseinander gesetzt zu werden. Anzuführen sind nur die Mittel, um die Gypsgüsse härter zu machen und dem Einflusse der Witterung zu entziehen. Nicht alle Gypssorten zeigen gleiche Härte nach dem Festwerden, selbst wenn sie mit genau gleichviel Wasser angemacht worden sind. Merkwürdiger Weise haben gerade die

reinsten Gypssorten oft eine geringere Härte, als solche, welche bis zu 12% Thon, kohlensauren Kalk, kurz fremde, erdige Beimischungen enthalten.

Nach Payen rührt dies davon her, daß diese Beimengungen eine zu grob krystallinische Agglomeration verhindern, die natürlich mit größeren Zwischenräumen verbunden ist. Dem entsprechend müßten sich diese unreinen Sorten weniger im Erstarren ausdehnen, was noch durch directe Versuche zu constatiren wäre. Versuche, den Gyps im Momente des Erstarrens zu pressen und dadurch zu einem dichteren Aneinanderlegen seiner Theilchen zu zwingen, gaben Resultate, die nur durch mangelhafte Einrichtungen der Pressen nicht ganz genügend ausfielen, jedenfalls aber doch constatirten, daß dadurch eine größere Festigkeit zu erzielen sei.

Eine bisher noch nicht vollständig erklärte Erscheinung ist das Härten des Gypses durch Behandlung desselben mit andern schwefelsauren Salzen. Wird gebrannter Gyps mit einer verdünnten Alaunlösung angemacht, oder die gebrannten Stücke direct in Alaunlösung gelegt und die wieder vollständig ausgetrocknete Masse einem erneuten Brennen unterworfen, so erhärtet er, wenn er von Neuem gepulvert und mit Wasser angemacht wird, zwar langsam, aber zu einer fast steinharten Masse, die unter dem Namen Keene's Marmorcement in England in großer Ausdehnung fabricirt und vielfältig zum Bekleiden der Mauern 2c. angewendet wird. Statt des Alauns kann man auch andere Salze, z. B. schwefelsaures Zinkoxyd benutzen. Ob hier vielleicht die Bildung eines Doppelsalzes, ich erinnere nur an die Verbindung von schwefelsaurem Natron und Gyps, die als Pfannenstein der Salinen gewonnen wird, oder ob eine Ersetzung des Kristallwassers durch eines dieser schwefelsauren Salze anzunehmen ist, ist noch nicht entschieden. Manche künstliche anatomischen Präparate, besonders die Darstellungen von Knochen werden aus einer schwach gelblichen porösen Masse angefertigt, welche eine sehr bedeutende Härte besitzt. Um Untersuchung derselben angegangen, fand ich, daß sie im wesentlichen aus Gyps und Leim bestand, und es gelang mir dieselbe durch Eintauchen eines fertigen Gypsgusses in verdünntes Leimwasser und nachheriges Trocknen in allen ihren Eigenschaften nachzuahmen.

Bekanntlich wird der Gypsstuck, diese Nachahmung des Marmors, die bei so vielen Prachtbauten der Neuzeit angewendet wird, ebenfalls aus einer Mischung von Gyps und Leimwasser, der man, um sie marmorartig zu färben, verschiedene Erdfarben zusetzt, bereitet. Die Masse erhärtet bedeutend langsamer, nimmt aber alsdann durch Schleifen und Poliren einen vortrefflichen Glanz an und gewinnt schließlich ein ganz marmorartiges Ansehen.

Will man Gypsgüsse weniger den mechanischen Einwirkungen, als vielmehr den auflösenden Eigenschaften des Wassers entziehen, so überzieht man sie gewöhnlich mit fettigen Substanzen, die das Wasser nicht zu durchdringen vermag.

Die Gypsformen, welche zur Galvanoplastik benutzt werden, lassen sich, wenn sie nicht allzudick sind, dadurch vortrefflich conserviren, daß man sie mit ihrer Hinterseite in ein geschmolzenes Gemenge von Wachs und Stearinsäure taucht. Ist der Gypsguß gut ausgetrocknet, ist das Gemenge flüssig genug, so dringt es bis auf die Bildseite durch, ohne doch der Zartheit der Contouren im mindesten zu schaden. Man hüte sich nur, die fette Mischung über 100° warm anzuwenden, indem sonst der Gyps leicht sein Wasser verlieren und mehlig werden könnte. Aehnlich imprägnirte Statuetten und Gruppen, oft von seltner Schönheit, kommen aus Paris in den Handel. Man kann sie auch direct aus einem geschmolzenen Gemenge dieser fetten Substanzen und trocknem Gyps gießen, muß dann aber sehr weiße, reine Materialien anwenden, weil sonst gar leicht ein unangenehm gelbgrauer Ton hervortritt. Manche Gypsgüsse werden auch wohl einfach mit weißer Oelfarbe angestrichen, verlieren aber dadurch wesentlich an Schönheit, indem die scharfen Contouren verschwinden. Besser noch präsentiren sich die broncirten Gypsstatuetten. Man erhält einen dazu passenden Ueberzug, indem man zuerst eine Kupfer- und eine Eisenseife dadurch herstellt, daß man eine kochend heiße, wässrige Auflösung von guter Hausseife mit Auflösungen von Kupfer- und Eisenvitriol versetzt, die aufschwimmenden unlöslichen Metallseifen mit reinem Wasser auswäscht und trocknet. Sie vertheilen sich dann ziemlich leicht in erwärmtem Leinölfirniß, und diese Mischung wird nun auf die vorher gut ausgetrocknete und erwärmte Gypsfigur in mehreren Anstrichen aufgetragen und in einem Trockenraume getrocknet. Man hat dann weiter nichts zu thun, als auf die vorspringenden Stellen mit einem Baumwollenbäuschchen sogenanntes Broncepulver aufzureiben, und wird so Statuetten bekommen, die wirklichen Broncefiguren sehr ähnlich sehen.

Was nun endlich das Brennen des Gypses anbelangt, so ist dies eine sehr einfache Operation, die häufig von den Gypsgießern selbst ausgeführt wird, um jederzeit gut gebrannten, möglichst reinen Gyps zu haben. Sie bringen zu diesem Ende den roh gemahlenen Gyps in einen eisernen Kessel und erhitzen ihn darin unter beständigem Umrühren, bis er anfängt in eine Art kochende und wallende Bewegung zu gerathen. Es rührt dasselbe von dem Entweichen der Wasserdämpfe her, die in dieser lockeren Masse gewisser-

maßen kleine Krater bilden, aus deren Spitze sie ausströmen. Hat diese Bewegung aufgehört, so wird der Kessel vom Feuer entfernt, und der Gyps, der nicht unmittelbar verarbeitet werden soll, vor Feuchtigkeit geschützt, aufbewahrt. Das Verfahren genügt natürlich nicht, um die großen Massen von gebranntem Gyps zu produciren, welche als Gypsmörtel, als Estrich 2c. verwendet werden. Die älteste, unvollkommenste, indessen noch häufig angewendete Methode verfährt ganz analog, wie beim Kalkbrennen in intermittirenden Oefen. Es ist zu diesem Ende ein Raum vorhanden, der von 3 Seiten von senkrechten Mauern umschlossen und von oben, um den Regen abzuhalten, mit einem leichten Dache versehen ist. Die vierte Seite ist frei und dient zum Einsetzen und Ziehen des Gypses, so wie endlich zum Feuern. Auf der Sohle dieses Raumes werden zuerst durch Zusammenfügen der größeren Gypssteine 2 — 3 überwölbte Schüren hergestellt, die von der freien Seite aus zugänglich sind, und über diese nun die übrigen Gypsstücke schichtenweise von abnehmenden Dimensionen aufgeschüttet. Man macht nun mit leichtem Holze, Reisig 2c. in den Schüren Feuer an und unterhält es so lange, bis auch die oberste Schicht sich gaar gebrannt zeigt, worauf man den Ofen abkühlen läßt, die groben Stücken mit hölzernen Hämmern zerschlägt und den Gyps in den Handel bringt.

Begreiflicherweise wird es unmöglich, alle Theile einer gleichmäßigen Temperatur auszusetzen, und es kann nur selten mehr als die Hälfte vollständig gut gebrannter Gyps ausgebracht werden. Besonders die großen Stücke in der unmittelbaren Nähe des Feuers können an der Oberfläche schon vollständig todt gebrannt sein, ohne daß der Kern alles Wasser verloren hat, was man durch das spiegelnde Aussehen der Bruchflächen leicht erkennt. Man wird sogar selten das Brennen über diesen Punkt fortführen, weil man sonst mit großem Aufwand an Brennmaterial ein ganz schlechtes Product erhalten würde. Daß trotzdem dieser Gyps Verwendung findet, liegt daran, daß eben ein zu rasch erhärtender Gyps nicht beliebt ist.

Besser ist es, wenn man den rohen Gyps nur in einen Backofen legt, der gerade auf die convenable Temperatur einer sehr schwachen Rothglühhitze erhitzt ist, und nun während seines Abkühlens das Brennen vollendet.

Man könnte auch einen Flammofen anwenden, oder die verloren gehende Flamme eines solchen, respective die Gichtflamme eines Hohofens, in mit Gyps besetzte Kammern leiten.

Bei Ziegel- oder Töpferöfen können die kältesten Stellen zum Gyps-

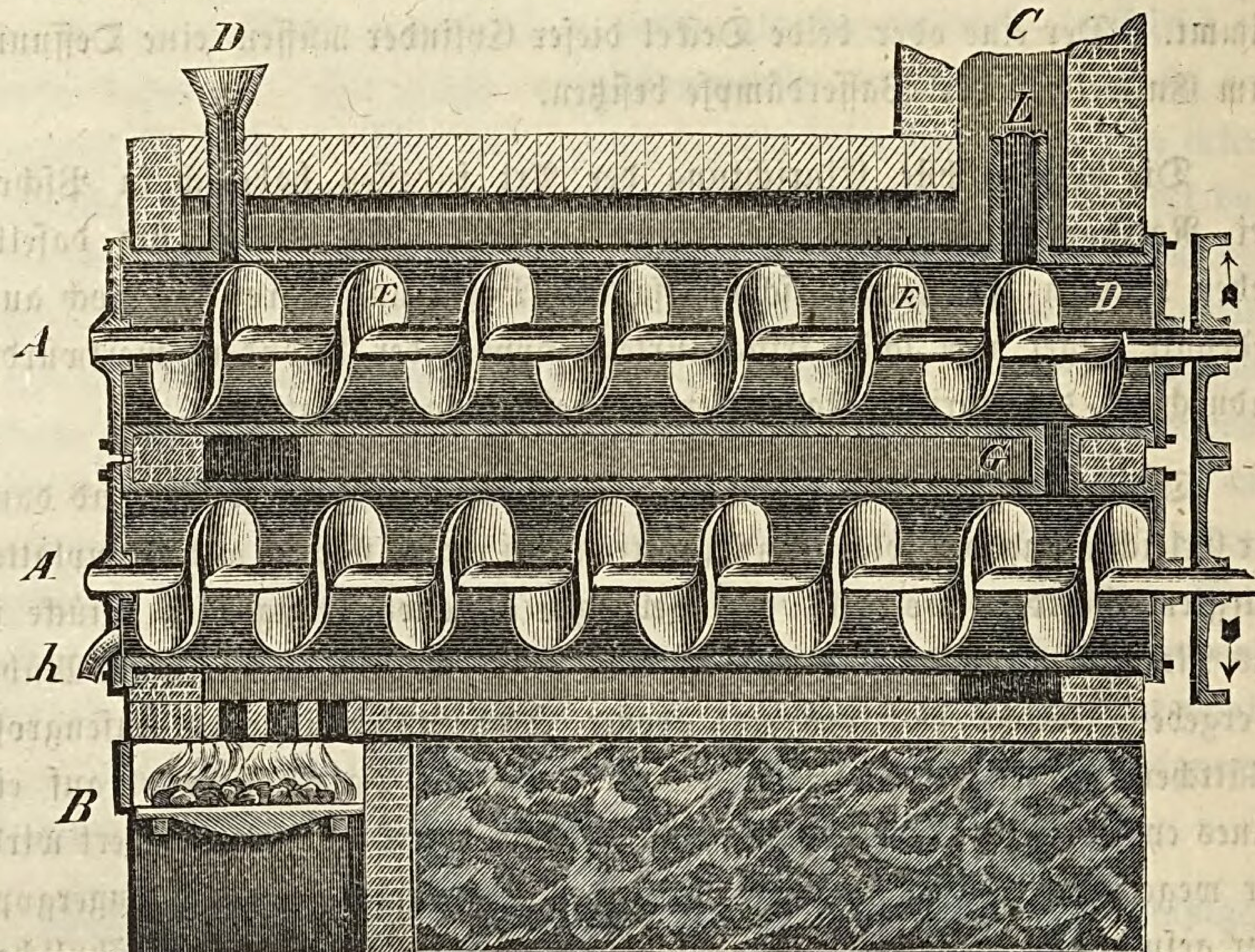
brennen benutzt werden. Ein englisches Patent schlägt vor, den Gyps in eiserne Cylinder zu bringen, welche man in einem gewölbten Kanal auf einer Art Eisenbahn der Flamme einer seitlich angebrachten Feuerung entgegenrollen läßt und in dem Maaße, wie sie unten ankommen, herausnimmt. Der eine oder beide Deckel dieser Cylinder müssen eine Oeffnung zum Entweichen der Wasserdämpfe besitzen.

Die vorzüglichste Einrichtung der Art indessen habe ich in Pschow bei Ratibor in Oberschlesien kennen gelernt. Es finden sich daselbst neben porösen Kalksteinen, schwefelsaurem Baryt und Strontian noch ausgedehnte Lager von schön kristallisirtem Gyps, der besonders merkwürdig dadurch ist, daß darin kristallisirter Schwefel eingesprengt ist.

Der frisch geförderte Stein wird zuerst mit der Hand sortirt und dann zur Erleichterung der folgenden Operation auf einem flachen mit Thonplatten belegtem Heerde getrocknet. So gelangen die etwa faustgroßen Stücke in das Maschinengebäude und werden dort einer kleinen excentrischen Mühle übergeben, welche dieselben mit großer Schnelligkeit in etwa linsengroße Plättchen zertheilt. Dieselben werden durch ein Paternosterwerk auf ein feines cylindrisches Sieb gehoben, in welchem der Staub abgesondert wird, der wegen seines noch immer bedeutenden Gypsgehaltes als Düngergyps sehr gesucht ist. Die reinen Gypsblättchen werden auf einem gewöhnlichen Mühlsteine fein gemahlen und gelangen von da durch ein zweites Paternosterwerk zu dem Brennapparat (s. Fig. 110.). Dieser besteht aus zwei übereinanderliegenden Retorten AA, die durch eine unmittelbar darunter oder seitlich liegende Feuerung B erhitzt werden, indem die Flamme erst unter der untersten von links nach rechts, unter der obersten von rechts nach links streicht, um endlich in den Schornstein C zu entweichen. Der Gyps verfolgt den umgekehrten Weg. Indem der Zufluß durch eine Schüttelvorrichtung regulirt wird, fällt er bei D in die obere Retorte ein, wird in derselben durch eine Schnecke E von Blech, die sich sehr langsam dreht, nach dem rechten Ende fortgeschoben, fällt dort durch das Rohr G in die untere Retorte ein und macht denselben Weg zurück, um endlich durch eine angebrachte Schnauze h direct in die Fässer zu fallen. Man begreift leicht, daß diese Methode einmal erlaubt, bei einem Minimum von Brennstoff ungemein große Massen von Gyps zu produciren, dann aber auch jedes einzelne Theilchen durch das Entgegenführen gegen die Flamme und das beständige Umrühren vollständig und doch bei der möglichst niedrigen Temperatur durchzubrennen. Durch Rohr L ziehen die ausgetriebenen Wasserdämpfe ab.

Ursprünglich wurden eiserne Retorten angewendet, die indessen durch den beigemengten Schwefel sehr angegriffen wurden und dem Gypse eine

Fig. 110.



Pschower Retortenofen zum Gypsbrennen.

gelbliche Farbe mittheilten. Jetzt will Herr von Döring, der Besitzer von Pschow, 2 Fuß weite und 15 Fuß lange Thonretorten anwenden, die diesen Uebelstand beseitigen sollen. Theoretisch genommen ist diese Art des Brennens, bis auf die ziemlich bedeutenden Kosten der Anlage und den nicht unbedeutenden Kraftverbrauch, der in Pschow z. B. eine Dampfmaschine von 6 Pferdekräften beansprucht, wohl die vollkommenste. Dessenungeachtet hat der so gebrannte Gyps noch mit vielen Vorurtheilen zu kämpfen. Er erhärtet sehr rasch, soll indessen nicht ganz so fest werden, als gewünscht wird, wahrscheinlich gerade, weil er zu rein ist.

Druck von Gebrüder Katz in Dessau.

Schwarz, H.

Die Chemie und Industrie unserer Zeit, oder die wichtigsten chemischen Fabrikationszweige nach dem Standpunkte der heutigen Wissenschaft In populä ren Vorträgen
Bd.: 1

Breslau 1857